L'ARTE

DI

FABBRICARE

OSSIA

CORSO COMPLETO DI ISTITUZIONI TEORICO-PRATICHE

PER GLI INGEGNERI, PER GLI ARCHITETTI, PEI PERITI IN COSTRUZIONE
E PEI PERITI MISURATORI

LAVORI GENERALI

DI

ARCHITETTURA

CIVILE, STRADALE ED IDRAULICA

E

ANALISI DEI LORO PREZZI

LAVORO AD USO

degli Ingegneri, degli Architetti, dei Misuratori, degli Intraprenditori
e di quanti si trovano applicati alla sorveglianza ed all'esecuzione di costruzioni
civili, stradali ed idrauliche

UTILE

agli studenti delle scuole d'applicazione per gli Ingegneri
e dei corsi tecnici pei Periti in costruzione

PER

CURIONI GIOVANNI

Ingegnere, Architetto e Dottore
aggregato al Collegio della Facoltà di scienze fisiche e matematiche della R. Università di Torino,
addetto al personale insegnante della Scuola d'applicazione per gli Ingegneri,
e dell'Istituto tecnico di Torino

TORINO
Presso AUGUSTO FEDERICO NEGRO, Editore
Via Provvidenza, 3

1865

Tutte le costruzioni sono il risultato di parecchi lavori principali che si possono riguardare come gli elementi di cui esse si compongono, e non si hanno fabbriche ben edificate, se le opere elementari costituenti il loro assieme non vengono eseguite a seconda di certe regole dirette ad ottenere la necessaria solidità con forme convenienti e con disposizioni opportune. Queste regole devono essere studiate da chi vuol apprendere e praticamente professare l'arte di ben costrurre, ed è indispensabile che, per quanto è nei rispettivi attributi, siano ben note agli ingegneri, agli architetti, ai periti in costruzione, agli intraprenditori e persino agli stessi operai.

Le opere di sterro, quelle per la formazione di rilevati, quelle per la consolidazione di trincee e di rialzi e quelle per ottenere resistenti suoli stradali, le fondazioni, le opere murali, quelle per coperture di edifizî e quelle per pavimenti, i lavori da minuteria, gli intonachi, le coloriture, le inverniciature, e molte altre opere elementari costituiscono gli argomenti che verranno trattati nella prima parte di questo volume sotto il titolo di lavori generali di Architettura civile, stradale ed idraulica. Nella seconda parte si daranno le norme per istituire le analisi dei prezzi dei precipui lavori, e si riferiranno molti dati pratici relativi ai costi di loro esecuzione.

La molteplicità delle opere che sono del dominio dell'arte di fabbricare; i diversi modi con cui alcuni lavori possono essere condotti a compimento; l'impossibilità di poter raccogliere tutto quello che di buono venne fatto nelle diverse circostanze pratiche; i grandi e rapidi progressi che in breve tempo ha fatti e che ad ogni istante va facendo l'arte di costrurre: sono cause di complicatezza e di difficoltà non comune nel disimpegno dell'assunto incarico. Coll'indicare quei lavori elementari che più di frequente si presentano nella pratica e coll'esporre quei procedimenti che in generale vengono adoperati onde condurli a compimento, nutro speranza di fare opera utile agli studiosi, ai giovani ingegneri ed a quanti trovansi addetti alla direzione, alla sorveglianza ed all'esecuzione di costruzioni; ben conoscendo però come questo lavoro non sarà per andar scevro da lacune e da pecche, prego il benigno lettore a badare alla bontà dello scopo propostomi, anzichè all'insufficienza che sarò per spiegare nell'arrivarvi, ed a lasciare che mi conforti il noto detto: *si desunt vires, tamen est laudanda voluntas.*

G. Curioni.

PARTE PRIMA

LAVORI GENERALI DI ARCHITETTURA CIVILE, STRADALE ED IDRAULICA.

CAPITOLO I.

Opere di sterro.

ARTICOLO I.

Nozioni generali.

1. Opere di sterro e loro distinzione. — Chiamansi *opere di sterro* tutte quelle che hanno per oggetto di rimuovere terre e rocce dalle località che occupano, sia per ottenere escavazioni con forme o dimensioni assegnate, sia per far luogo alla costruzione di ben stabiliti e solidi edifizi.

Il modo di aggregazione delle molecole nelle sostanze a sterrarsi, il grado di compattezza che queste presentano, le località e le circostanze in cui si trovano, e molte altre cause concorrono a rendere più o meno difficile l'eseguimento degli sterri, i quali vengono generalmente distinti dai pratici in *sterri a cielo scoperto*, in *sterri per pozzi*, in *sterri per gallerie* ed in *sterri nell'acqua*.

2. Opere elementari componenti i lavori di sterro. — Qualsiasi lavoro di sterro consta di parecchie operazioni elementari, che si possono riassumere nella *smovitura* o *sminuzzamento*, nel *paleggiamento*, nel *carico*, nel *trasporto*, e nello *scarico*. — La *smovitura*

ha per oggetto di diminuire il contatto e di distruggere la coesione che esiste fra le diverse particelle delle terre sode e compatte, e lo *sminuzzamento* ha per iscopo di staccare da rocce e da macigni dei pezzi facilmente esportabili e con piccolo volume. — Il *paleggiamento*, operazione che si applica soltanto alle terre, e che generalmente tien dietro alla smovitura, consiste nel togliere la terra dissodata dal sito in cui giace, e nel gettarla orizzontalmente o verticalmente dall'una o dall'altra banda del cavo. — Il *carico* si riduce a porre le materie smosse nelle casse dei veicoli, coi quali devono essere portate al sito loro destinato; il *trasporto* nel mantenere in azione questi veicoli, per far passare al luogo di deposito quanto in essi venne caricato; e lo *scarico* non è altro che l'operazione del loro vuotamento.

Generalmente il carico delle terre esclude il loro paleggiamento, e la smovitura diventa operazione inutile per le terre sciolti̇ssime e per le terre pantanose.

3. **Indole dei diversi mezzi da impiegarsi nell'esecuzione degli sterri.** — L'esecuzione dei lavori di sterro richiede che si possa disporre di parecchi mezzi i quali facilmente e speditamente conducano a tutte quelle operazioni elementari dal cui assieme risulta uno sterro qualunque, e sono quindi necessari: mezzi di smovitura delle terre e di sminuzzamento delle pietre; mezzi di carico; mezzi di trasporto; e mezzi di scarico. Non tutte le terre sono egualmente facili ad essere smosse, non tutte le pietre sono egualmente facili ad essere spezzate; occorrono dei mezzi diversamente resistenti sia per l'una che per l'altra delle due operazioni; e bisogna avere quanto è sufficiente a smuovere ogni qualità di terra, dalla più sciolta alla più indurita, e qualsiasi pietra, dal calcare più tenero al macigno più fiero. I mezzi di trasporto devono variare, dipendentemente dal volume da esportarsi; dipendentemente dalla distanza per cui il trasporto va effettuato, e dipendentemente dal modo con cui il trasporto deve essere eseguito. I veicoli ordinari trascinati da uomini e da animali sono convenienti per piccoli volumi di sterro e per brevi distanze: nei grandi sterri e per considerevoli distanze è miglior partito far uso di grandi veicoli e di potenti forze motrici; i veicoli a ruote si devono impiegare per trasporti da eseguirsi lungo vie orizzontali e in pendenze facilmente superabili: sulle grandi pendenze e per sollevamenti verticali, è quasi sempre necessario di servirsi di opportuni meccanismi, disponendo le diverse parti, coordinando le loro dimensioni, combinando i movimenti, ed applicando la forza motrice in correlazione dell'entità del trasporto o sollevamento da effettuarsi. I mezzi di carico che più convengono in ogni caso

sono generalmente determinati dalla natura dei mezzi di trasporto; ed i mezzi di scarico si riducono a certe particolari disposizioni da adottarsi nel sito di scaricamento e nelle casse dei veicoli, per ottenere che si versino agevolmente e colla maggior speditezza possibile.

4. **Sterri e rilevati per compensazione, per deposito e per imprestito.** — Uno sterro è da riputarsi come compiuto allorquando le terre e le rocce su cui si opera si trovano esportate dal sito in cui vennero smosse e sminuzzate, e quindi ogni sterro od escavamento deve essere seguito da un rilevato, da un deposito delle materie scavate, o come si dice soventi, da un *interro*. Quando il materiale proveniente da un'escavazione viene impiegato per formare delle opere destinate a sollevare il suolo naturale del terreno, si opera *per via di compensazione*; quando invece viene deposto ad una distanza più o meno grande dallo scavo, senza servire allo scopo di formare un lavoro di rilevato, si opera *per via di deposito*; e finalmente si lavora *per via d'imprestito* allorquando si praticano degli sterri nell'unico intento di avere le materie necessarie all'esecuzione d'un progettato innalzamento.

Essendo quistione di eseguire uno scavo od un rilevato di terra, il metodo di esecuzione per via di deposito e d'imprestito è più costoso di quello per compensazione quando le materie ricavate dallo sterro non devono essere trasportate a considerevoli distanze per giungere alla formazione del rilevato, e quando il terreno in cui si devono fare i depositi e quelli nei quali si devono eseguire gli scavi hanno qualche valore. Il metodo di deposito e d'imprestito però riesce sempre assai speditivo, e talvolta, anche dal lato dell'economia, può tornare vantaggioso, sia pel lungo cammino che dovrebbero percorrere le terre ricavate dallo scavo per passare al rilevato, sia per il poco valore dei terreni su cui si fa il deposito e l'imprestito.

5. **Sbraccio orizzontale e sbraccio verticale.** — La terra già smossa può essere paleggiata da un terraiuolo di ordinaria forza, o a 4 metri di distanza orizzontale o a metri 1,60 di altezza: in linguaggio pratico chiamansi *sbraccio orizzontale* la prima distanza, e *sbraccio verticale* la seconda. L'esperienza dimostra che un uomo in 10 ore di lavoro può paleggiare circa 15 metri cubi di terra sciolta tanto ad uno sbraccio orizzontale quanto ad uno sbraccio verticale.

6. **Natura delle terre.** — Come venne detto nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'arte di fabbricare, al volume che tratta dei materiali da costruzione, alle pagine ed ai numeri 40 e 41, il metodo di classificazione delle terre, più conveniente ai bisogni del costruttore, consiste: nel tener conto dei tempi impiegati da uno

smovitore e da uno spalatore, il primo per scavare ed il secondo per paleggiare, ad uno sbraccio orizzontale o ad uno sbraccio verticale, la terra smossa; e nel dedurre l'espressione numerica della natura della terra colla semplicissima formola:

$$x=\frac{t+t'}{t'},$$

nella quale t è il tempo o il numero dei minuti impiegati dallo smovitore nel cavare la terra, t' il tempo o il numero dei minuti impiegati dallo spalatore per paleggiare tutta la terra scavata dallo smovitore, ed x quel numero che *in uomini e mezz'uomo* rappresenta la natura della terra sottoposta ad esperimento.

7. **Elementi costitutivi dell'entità degli sterri.** — La natura delle sostanze a scavarsi, il volume del masso da muoversi e la distanza a cui questo volume va trasportato sono i tre elementi che costituiscono l'entità di uno sterro qualunque. La natura delle sostanze da sterrarsi si determina facilmente coll'esperienza riferita ai citati numeri 40 e 41 del volume che tratta dei materiali da costruzione e coll'applicazione della formola citata nel precedente numero; la geometria poi somministra le regole per ottenere, se non in modo rigoroso, almeno in modo sufficientemente esatto per la pratica il volume del masso da smuoversi; ed in quanto alla determinazione della distanza a cui il materiale smosso va trasportato, valgono le considerazioni generali esposte nel numero che segue.

8. **Generalità sulla determinazione delle distanze medie.** — Rigorosamente parlando, nelle opere di sterro la distanza a cui il materiale smosso viene trasportato è diversa per tutte le diverse sue molecole, e quindi nasce la necessità di determinare, corrispondentemente alle posizioni rispettive, alle figure dei solidi di sterro e di riporto, ed alla giacitura dell'interposto suolo, una distanza fittizia la quale, supposta comune a tutte le parti da trasportarsi, non alteri punto il lavoro da consumarsi nelle reali circostanze del trasporto. Questa distanza fittizia viene comunemente chiamata *distanza media*, e, siccome i lavori pei trasporti di materiali componenti sterri di egual natura sono rispettivamente proporzionali alle somme dei prodotti delle molecole componenti per le rispettive distanze che devono percorrere, ne segue che si determinerà la distanza media corrispondente ad un determinato sterro col porre, *che il prodotto della distanza media cercata pel volume di tutto il solido da smuoversi deve essere eguale alla somma di tutti i prodotti delle molecole componenti per le distanze rispettivamente percorse.*

Tre sono i diversi casi che si possono presentare in pratica nella determinazione delle distanze medie: o sono date le figure e le posizioni dello sterro e dell'interro, non che le varie vie che devono essere percorse dai veicoli; o sono dati di figura e di posizione i due solidi, e sono semplicemente prescritte alcune condizioni relativamente alle strade pel trasporto; o finalmente sono soltanto note alcune proprietà dei due solidi di sterro e d'interro. Esaminando questi tre diversi casi, molti distinti scrittori, e segnatamente Monge (*Mémoires de l'Académie des Sciences*, 1781), Dupin (*Correspondance sur l'école impériale polythecnique*, n. 7), Bordoni (*Trattato degli argini in terra*, Milano 1820, parte III), diedero le risoluzioni di parecchi problemi, e, mentre arricchirono le matematiche discipline di belle ed ingegnose applicazioni, poco o nulla di giovamento hanno apportato alla pratica. Le formole analitiche che seppero trovare quei sapienti personaggi involgono delle serie difficoltà di calcolo; nelle effettive determinazioni delle distanze medie esigerebbero molto tempo ed una grave fatica; e quindi si preferisce di procedere con metodi semplici e spediti, i quali, quantunque non rigorosi, conducono sempre ad approssimazioni più che sufficienti in tutte le circostanze della pratica.

Il conseguimento della massima economia è quanto deve cercare un costruttore nell'esecuzione delle opere di sterro, e per conseguenza la distanza media di un trasporto qualunque vuol essere determinata in modo che ciascuna molecola, dal punto che occupa nel solido di sterro, venga portata in una posizione tale del solido d'interro da risultare l'opera di trasporto la più economica possibile. Per raggiungere lo scopo in un modo facile e sufficiente per la pratica basta far procedere alla determinazione della distanza media di un trasporto piuttosto considerevole alcune divisioni sullo sterro e sull'interro da eseguirsi, nell'intento di aver diverse parti ciascuna delle quali abbia tutte le sue molecole poste in identiche condizioni. Verranno chiamate *parti componenti di sterro e d'interro* i diversi volumi in cui risultano divisi quelli dello scavo e del rilevato; e si chiameranno *parti corrispondenti* due parti prese una sullo sterro e l'altra sull'interro, e poste in posizioni tali da essere il materiale che ricavasi dalla prima quello da impiegarsi nella formazione della seconda.

Dopo le definizioni date si può dire che la determinazione di una distanza media si farà col porre, *che il prodotto della distanza media cercata per il volume di tutto il solido da smuoversi deve essere eguale alla somma di tutti i prodotti dei volumi delle parti componenti per*

le distanze rispettivamente percorse dai loro centri di gravità; o in altre parole, *che una distanza media vale la somma di tutti i prodotti dei volumi delle parti componenti per le distanze rispettivamente percorse dai loro centri di gravità, divisa per il volume totale.*

Nella determinazione delle distanze medie bisogna aver riguardo non solo al cammino orizzontale, ma anche all'innalzamento che le materie devono subire allorquando il trasporto ha luogo lungo una via in pendenza. Si usa perciò o il fare un aumento alla lunghezza totale della salita, o di moltiplicare la sua altezza per un coefficiente numerico, in modo che risulti nella somma o nel prodotto quella distanza orizzontale fittizia la quale può essere percorsa nello stesso tempo che il veicolo deve impiegare a percorrere l'effettiva salita. Le pendenze massime da attribuirsi alle strade su cui avranno luogo i trasporti in salita dovranno essere quelle limiti riconosciute per esperienza come non disagevoli ai veicoli carichi e scarichi che sopra vi devono transitare, e alle quali bisogna generalmente attenersi nella formazione delle strade di servizio destinate ai trasporti degli sterri e nei calcoli riferibili allo stesso oggetto.

Occorrendo di calcolare delle distanze medie per trasporti da eseguirsi coi veicoli carichi in discesa, l'esperienza dimostra doversi soltanto tener conto della distanza orizzontale.

ARTICOLO II.

Sterri a cielo scoperto.

9. **Piccoli e grandi sterri.** — Diversi sono i mezzi che si possono impiegare nell'esecuzione degli sterri, ed il volume delle masse da sterrarsi non che la distanza media per cui va effettuato il trasporto sono gli elementi che in ogni caso particolare devono guidare nella loro scelta. Si chiamano *piccoli sterri* o *sterri ordinari* quelli in cui, dovendosi trasportare delle masse di volume non molto grande ed a brevi distanze, conviene l'impiego della sola forza motrice degli animali per trainare veicoli sul suolo naturale, su sentieri e su vie ordinarie: si dicono invece *grandi sterri* quelli per cui, a motivo delle voluminose masse e delle considerevoli distanze, torna vantaggiosa la forza motrice di animali o la forza motrice del vapore pel trasporto su vie ferrate provvisorie o stabili, o per mettere in movimento degli opportuni meccanismi di trasporto. I piccoli sterri s'incontrano nell'esecuzione di vie ordinarie, nella costruzione di strade ferrate su

terreni poco accidentati, negli ordinari spianamenti, nello scavare canali di piccola o di mediocre portata, nello stabilire fondazioni: i grandi sterri si presentano nell'aprire delle profonde trincee per vie ferrate attraversanti terreni molto accidentati, nel costrurre ingenti canali, nell'effettuare spianamenti su superficie estese e molto irregolari.

Piccoli sterri a cielo scoperto.

10. **Mezzi per effettuare la smovitura delle terre.** — I *badili*, le *zappe* ed i *picconi* sono gli strumenti di cui generalmente si fa uso nell'esecuzione degli sterri comuni.

Il *badile* consiste in una lastra di ferro battuto della larghezza e della lunghezza di circa 30 centimetri, dello spessore di 3 millimetri, leggiermente incurvata, terminata dalla parte tagliente, talvolta con un filo rettilineo, talvolta con un filo che segue quasi l'andamento di una mezza circonferenza di circolo, e talvolta con due archi intersecantisi in modo da formare una punta all'estremità dello strumento, e manicata ad un bastone di sezione circolare col diametro di circa 3 centimetri, lungo poco più di 1 metro, ora diritto ed ora incurvato verso la sua estremità inferiore. Il badile, che ha forma più appropriata ai movimenti di terra, è quello arrotondato all'estremità, perchè facilmente si può introdurre nelle terre non molto compatte; nei terreni ghiaiosi produce facilmente lo spostamento delle pietruzze che incontra al suo passaggio, ed il manico lievemente incurvato verso l'estremità rende facile il paleggiamento delle terre. — I badili si acciaiano generalmente su tutta la lunghezza della parte tagliente, e per circa 6 centimetri della loro lunghezza.

Una lastra di ferro battuto, colla massima larghezza non maggiore di 15 centimetri, colla lunghezza di circa 25 centimetri, avente la forma di un trapezio lievemente incurvato nel senso dell'altezza, col bordo dalla parte della base minore tagliente ed acciaiato per circa 6 centimetri, e munita di un occhio annesso a detta lastra nel bel mezzo della sua base maggiore, costituisce la *zappa* la quale ben soventi porta una punta acciaiata detta *picco*, lunga non più di 30 centimetri. La zappa con picco viene soventi ridotta ad avere soli 75 millimetri di larghezza all'estremità tagliente: la sua lunghezza totale è allora di circa 60 centimetri, ed il foro destinato a ricevere il manico trovasi a metà della lunghezza dello strumento. Il manico di una zappa deve essere disposto perpendicolarmente alla retta che, pas-

sando pel suo mezzo, unisce le estremità acciaiate, ed avere una lunghezza di circa 90 centimetri.

Il *piccone* consta di una sol punta fortemente acciaiata, avente un occhio ad un'estremità e manicata all'estremo di un bastone lungo da 75 a 90 centimetri.

Le terre leggiere e sciolte, non che le terre fangose si smuovono col badile ed immediatamente si possono paleggiare; le terre allo stato pastoso consistente si possono anche smuovere col badile tagliandole a fette prismatiche. Per le terre umide, per le terre vegetali, per la torba, per le terre marnose ed argillose conviene talvolta l'impiego del badile, ma più frequentemente si trova vantaggioso l'uso della zappa. Per i tufi e per tutte le terre che cominciano a presentare le resistenze delle rocce, bisogna adoperare il piccone, e soventi conviene aggiungervi l'uso di pali, di punte e di mazze in ferro.

11. Mezzi per effettuare la spaccatura delle rocce. — I mezzi che frequentemente si impiegano per le spaccature delle rocce sono i pali, le punte, le mazze di ferro; e ben soventi si trae partito della forza espansiva della polvere praticando le *mine*, ed impiegando quegli utensili di cui si è fatto cenno nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'arte di fabbricare, al volume che tratta dei materiali da costruzione, ed al numero 17.

12. Mezzi di trasporto adoperati nei piccoli sterri. — La *pala* o *badile*, le *ceste*, le *barelle*, le *carriuole*, le *carrette a mano*, le *carrette ad un cavallo*, le *carrette a due cavalli*, e le *burbere* sollevanti una cassa o una cesta piena, mentre un'altra discende vuota, sono i principali mezzi che s'impiegano nei piccoli sterri sia per trasportare orizzontalmente sia per innalzare verticalmente le materie sterrate.

Si eseguisce il trasporto di materie gia smosse mediante la pala, gettandole alla distanza di uno sbraccio orizzontale o a quella di uno sbraccio verticale. Le pale che s'impiegano per tale operazione sono gli stessi badili di cui si è parlato al numero 10.

Le *ceste* e le *barelle* sono arnesi di trasporto della massima semplicità. Le prime consistono in recipienti aventi la forma di tronchi di cono e costituiti da piccole gorre intrecciate con pezzi di legno più robusti diretti nel senso delle generatrici sulla superficie convessa, e nel senso di altrettanti raggi sul fondo: le ceste devono presentare una tale capacità da poter essere facilmente maneggiate anche da ragazzi e da donne. Le seconde, ossia le barelle, constano di due stanghe parallelamente poste a distanza di circa 60 centimetri l'una

dall'altra, inchiodate a un assito sul quale si caricano le materie da trasportarsi: occorrono due operai per il maneggio d'una barella.

Le *carriuole* sono veicoli che hanno una sola ruota e che vengono spinti da un manovale, che in tale uffizio prende il nome di *carriuolante*. Due maniere di carriuole si riscontrano ordinariamente nella pratica: le carriuole *alte* e *basse*. Le prime hanno generalmente la cassa sovrapposta alle stanghe; le seconde invece hanno la ruota più grande delle prime, e la loro cassa giace quasi per intiero sotto le stanghe. Le carriuole alte si capovoltano assai facilmente, e quindi anche facilmente si possono vuotare; le carriuole basse invece si caricano più celeremente delle prime, sono meno soggette a vacillare nel loro movimento, atteso il maggior diametro della ruota, fanno provare minor fatica al carriuolante, e quindi generalmente vengono preferite nei trasporti delle terre. — L'esperienza ha fatto conoscere qual'è la capacità e quali le dimensioni delle varie parti delle carriuole, sia per ottenere la maggior speditezza nel loro maneggio, sia per ottenere il massimo effetto dalla forza ad esse applicata; e si possono ritenere come adatte al conseguimento degli indicati due fini quelle carriuole che presso a poco hanno la lunghezza di metri 1,50, la larghezza di metri 0,50, la cassa della capacità di metri cubi 0,030 ed il diametro della ruota di metri 0,50.

Vi fu chi credette potersi utilmente sostituire alle carriuole ordinarie, di cui si è fatto cenno, una carriuola colla cassa posta totalmente sopra le stanghe, colla ruota giacente sotto la cassa stessa, che per la sua parte superiore entra in un'apertura esistente nel fondo e ricoperta da un canale vôlto all'ingiù e chiudente la detta apertura onde impedire l'uscita alle materie. La sponda anteriore della cassa è amovibile a guisa di saracinesca. I fautori di questa carriuola, a motivo dell'allontanamento del peso dalle estremità delle stanghe, ravvisando nell'apparecchio in movimento una leva del primo genere, mentre nelle carriuole ordinarie si verifica una leva del secondo genere, pretendono di avere un gran vantaggio in ciò che il carriuolante non ha peso veruno da sostenere, ma solo da esercitare un semplice sforzo muscolare, e passano sopra ai seguenti inconvenienti: quello del notevole aumento della resistenza d'attrito, pel fatto di essere tutto il carico sopportato dall'asse della ruota; e quello dell'accrescimento di sforzo muscolare che deve esercitare il carriuolante sia per vincere la maggior resistenza d'attrito, sia per tener basse le stanghe che la posizione del carico tende a sollevare. Finalmente l'internarsi della ruota nella

cassa ne diminuisce la capacità o costringe ad assegnare all'apparecchio delle dimensioni incomode, e l'amovibilità della sponda anteriore contribuisce ad accrescere il tempo da impiegarsi nell'esecuzione dello scarico.

La *carretta a mano* è alta circa 1 metro, ha due ruote, ed il porta-carico è foggiato a guisa di cassa posta sulla sale mediante i sottostanti cosciali. Un timone, avente verso l'estremità una traversa, è fissato al fondo della cassa: e l'apparecchio viene generalmente trainato da tre operai, due dei quali sono applicati alla traversa, mentre il terzo spinge alla parte posteriore. La verticale passante pel centro di gravità della parte di carretta sostenuta dalla sale, passa a poca distanza da questa dalla parte del timone, e basta un piccolo sforzo, tendente a sollevare anteriormente l'apparecchio, per produrre il rovesciamento dalla parte posteriore, e quindi il versamento delle materie contenute nella cassa allorquando siasi levata la parete posteriore amovibile. La capacità delle carrette a mano è all'incirca da metri cubi 0,200 a 0,250.

In Francia si fa gran uso di un piccolo veicolo a due ruote, che, analogamente alle carrette a mano, viene manovrato da tre uomini, che chiamasi col nome di *camion*, e che ha pure la capacità di circa metri cubi 0,200 a 0,250, e l'altezza poco più di 1 metro. La cassa di questo veicolo ha la forma di un prisma triangolare, posa in bilico fra i due cosciali sopra un asse parallelo ai suoi spigoli, giace per più della metà della sua altezza sotto detto asse, ed il bilico è situato a piccola distanza sotto il centro di gravità della cassa medesima allorquando è carica. A motivo dell'indicata disposizione, la cassa propende a rovesciarsi, per cui occorre di tenerla diritta mediante un uncino che si attacca all'uno o all'altro dei due cosciali. Sciogliendo questo uncino, in grazia della forma prismatica triangolare, la cassa si vuota da se medesima in un istante e completamente al minimo impulso che le venga dato. I veicoli, di cui stiamo ragionando, non hanno generalmente il timone come le carrette a mano, ma sibbene due stanghe in prosecuzione dei cosciali.

Le carrette destinate ad essere tirate da cavalli hanno, per quanto concerne alla cassa, alla sale ed alle ruote, la stessa forma delle carrette a mano, salvo che invece del timone esistono due stanghe, che mediante opportuni arnesi si tengono appoggiate alle spalle del cavallo. Allorquando si vogliono attaccare alla carretta due o più cavalli, si colloca il primo fra le stanghe ed innanzi a questo si pongono gli altri in quella guisa che tutti ben sanno. Per schivare l'imbarazzo di dover staccare in parte i cavalli, ogni qual volta si

vuol operare il versamento delle materie caricate nella cassa delle carrette di cui stiamo ragionando, si adotta generalmente il partito di porre la cassa in bilico al suo fondo su d'un asse che si scosta alcun poco dal mezzo della sua lunghezza verso le stanghe, in modo che, abbandonata su d'un tal asse, al minimo impulso tenda ad inclinarsi dalla parte posteriore. Per ritenere la cassa in posizione orizzontale, o in una posizione presso che orizzontale, si fa uso di un ritegno che serve a fissare la cassa all'uno o all'altro o ad ambedue i cosciali e che si scioglie solamente al momento dello scarico dopo di aver rimossa la sponda posteriore. La capacità delle carrette a cavalli è assai variabile, e si può ritenere come compresa fra metri cubi 0,400 e metri cubi 1,800: quelle che più di frequente s'incontrano sono capaci di contenere circa metri cubi 0,800 di terra.

Le *burbere*, comunemente usate nel sollevamento delle terre, constano di un cilindro, detto *fuso*, su cui è ravvolta una fune con entrambi i capi liberi, che sostengono due ceste o due mastelli, dentro i quali si pongono le materie che devono essere tirate in alto. Nelle basi del fuso, e secondo il suo asse, si trovano infisse due manovelle le quali vengono impugnate da lavoranti impiegati a far girare o per un verso o per l'altro la burbera, per far salire quello dei mastelli o dei cesti che è carico, e per far discendere l'altro stato vuotato appena giunto alla sommità della salita. Due cavalletti, muniti di cuscinetti posti allo stesso livello ed a quello dell'asse del fuso, sostengono la burbera. Le burbere comunemente impiegate per il sollevamento degli sterri a braccia d'uomini hanno il loro fuso del diametro di circa metri 0,20 e della lunghezza di 1 metro a 1,20; il raggio della manovella di circa metri 0,40; il diametro della corda di metri 0,03; e la capacità delle casse di metri cubi 0,033. Talvolta il fuso porta infissa una manovella in una sola delle basi, e tal altra vien mosso mediante brevi asticciuole o aspi che attraversano il fuso secondo due diametri posti in piani meridiani fra loro perpendicolari: nel primo caso l'apparecchio chiamasi col nome di *verricello*, e nel secondo caso si dice *arganello*. Si fanno anche delle burbere in cui le due basi del fuso sono guernite di bracci sporgenti a guisa di raggi, i quali vengono impugnati e tirati o respinti dagli operai per far girare la burbera nel senso conveniente.

13. Sterro a cielo scoperto. — Quando trattasi di eseguire degli scavi di masse terrose non molto alte, oppure quando questi scavi sono di considerevole altezza, ma che riesce impossibile di attaccarli alla loro parte inferiore, si pratica generalmente la smovitura

procedendo per strati successivi alti da 30 a 40 centimetri, e le terre smosse o si gettano di mano in mano nei veicoli di trasporto, o si paleggiano dall'una ovvero dall'altra banda del cavo.

Se è quistione di scavare delle alte masse di terra e se è possibile di attaccarle alle loro parti inferiori, si può adottare il seguente metodo detto *di abbattimento*: si facciano alcuni tagli verticali e paralleli T (*fig.* 1) che si estendano per tutta l'altezza della massa da staccarsi e che la dividano in varie parti; per ciascuna di queste parti si pratichi un taglio orizzontale T' e si piantino superiormente due o tre picchettoni di legno P con punta ferrata; finalmente si battano e si conficchino questi picchetti nel terreno fino ad ottenere il distacco e la rovina della parte in cui vennero piantati. Le terre, cadendo così al fondo dello scavo, si sminuzzano in guisa da poter essere immediatamente paleggiate e caricate sui veicoli di trasporto. Questo metodo risulta assai economico e spedito, permette di staccare delle masse col ragguardevole volume di 20 a 30 metri cubi, e solo richiede grandi precauzioni da parte degli operai, se pure non vogliono andare incontro a disastrosi avvenimenti.

Le terre, tagliate verticalmente o con scarpa inferiore a quella che risponde al naturale loro declivio, non si possono sostenere a lungo, e, per prevenire i funesti accidenti che potrebbero derivare da subitanei scoscendimenti, è imperiosa necessità di sostenerle con appositi puntellamenti e con opportune armature.

Nel caso di un lungo taglio compreso fra due pareti verticali, si impediscono gli scoscendimenti mettendo dei tavoloni *t* (*fig.* 2) contro dette pareti di mano in mano che l'escavazione si approfonda, e sostenendoli mediante robusti legni S posti trasversalmente allo scavo, che chiamansi generalmente col nome di *sbadacchi*.

La disposizione indicata colla figura 2 riesce generalmente insufficiente nei tagli aventi larghezza maggiore di metri 2,50, principalmente quando trattasi di sostenere terreni sciolti e facili a manifestare delle dilamazioni laterali; ed i rivestimenti completi di tavoloni orizzontali *r* (*fig.* 3), contro cui appoggino dei ritti o travi verticali R posti a distanza non maggiore di metri 1,50 e fortemente compressi contro detti rivestimenti dagli sbadacchi S, costituiscono un mezzo semplice e sicuro in simili circostanze.

Se poi è quistione di un cavo talmente largo da riuscire impossibile la disposizione degli sbadacchi fra un rivestimento e l'altro opposto, oppure se trattasi di sostenere un ammasso di terra che si innalza da una sol parte dello scavo: o si può ricorrere all'impiego di robusti pali conficcati fortemente nel terreno contro tavole

o contro tavoloni destinati a fare il rivestimento; oppure si possono piantare i pali P (*fig.* 4) a qualche distanza dal tavolato e ritenere quest'ultimo contro le terre mediante ritti verticali R posti in corrispondenza dei pali e tenuti a sito dagli sbadacchi S. Il piantamento dei pali P riesce molto costoso, e, finchè risulta possibile, si prende il partito di lasciare provvisoriamente dei grossi massi di terra per appoggiarvi gli sbadacchi.

14. **Trasporto delle terre per paleggiamenti successivi.** — Allorquando le terre che si ricavano da uno scavo devono essere depositate a piccola distanza da questo, può tornare vantaggioso di farne il getto col badile. Quanto segue indica come si deve procedere per un'operazione ben ordinata ed economica.

Suppongasi innanzi tutto che le terre siano ad un sol uomo, cioè tali che uno spalatore e senza preventiva smovitura le possa levare dal posto in cui si trovano e gettare ad uno sbraccio di distanza; sia A (*fig.* 5, 6 e 7) il luogo di scavo e B quello in cui devono essere trasportate. — Allorquando fra A e B (*fig.* 5) esiste un suolo perfettamente o quasi orizzontale, si divide la distanza AB in parti eguali AC, CD, DB, non maggiori, ma prossime a 4 metri; e si applicano al lavoro tanti spalatori quante sono le parti in cui venne divisa detta distanza. Uno di questi spallatori, posto al sito di scavo, getterà la terra in C, un altro la getterà da C in D ed un terzo da D in B. — Se poi occorre di innalzare fino in B (*fig.* 6) le terre che trovansi in A, si praticheranno in C, D, E delle banchine aventi dall'una all'altra la stessa differenza di livello assai prossima a metri 1,60 e non maggiore di 2 metri. Uno spalatore stando al sito di scavo A getterà le terre in C, un secondo spalatore posto in C le getterà in D, un terzo da D le getterà in E, e così per successivi getti la terra verrà al sito di deposito B. — Allorquando occorre di fare il getto delle terre da A in B (*fig.* 7) nello scopo di ottenere un trasporto nel senso orizzontale ed un sollevamento nel senso verticale, si possono preparare diverse banchine con differenza di livello prossima a metri 1,60 e non maggiore di 2 metri, alcune appena sufficienti a contenere le terre che devono venire dallo scavo inferiore, e lo spalatore che su esse deve lavorare, ed alcune tanto larghe da potervi far sopra uno o più sbracci orizzontali. Allora in ciascuna delle banchine strette C, D, E vi sarà uno spalatore che dovrà paleggiare verticalmente la terra sulla banchina superiore, e su ciascuna delle banchine larghe FG, HI vi saranno tanti lavoranti quanti sono gli sbracci orizzontali che su essa si possono fare, più uno destinato a gettare verticalmente la terra sulla banchina superiore.

Allorquando la terra da smuoversi e da paleggiarsi è da un uomo e mezzo, ossia quando si richiede mezza giornata di smovitore onde tenere impiegato per una giornata uno spallatore, si ha un lavoro ordinato ed economico, se per ogni smovitore applicato allo scavo si mettono due spalatori in tutti i siti in cui vien fatto il paleggiamento. Se la terra è da due uomini, ossia quando occorre uno smovitore per somministrare terra a uno spalatore, la distribuzione del lavoro va fatta come per la terra ad un sol uomo, colla sola aggiunta dello smovitore al sito di scavo. Se la terra è da due uomini e mezzo, ossia se richiedesi il lavoro di una giornata e mezzo di smovitore per somministrare un giorno di lavoro ad uno spalatore, per ogni tre smovitori applicati allo scavo abbisognano due spalatori in tutti i siti di paleggiamento. Se finalmente la terra è da tre uomini, cioè se occorrono due smovitori per dare lavoro continuo ad uno spalatore, per ogni due uomini allo scavo, è necessario un sol uomo in tutti i siti in cui la terra viene paleggiata.

I paleggiamenti successivi costituiscono un mezzo di trasporto delle terre che vedesi qualche volta applicato nella pratica, sia quando trattasi di distanze orizzontali non eccedenti i 12 metri, sia quando è quistione di praticare degli scavi verticali in circostanze che non permettono l'impiego di più utili apparecchi di trasporto.

15. **Trasporto con ceste e con barelle.** — Raro è il caso in cui vengono adoperate le ceste e le barelle nell'esecuzione dei trasporti delle materie che ricavansi da uno sterro. Gli indicati mezzi, che si possono impiegare per distanze orizzontali comprese fra 12 e 20 metri, tornano affatto svantaggiosi per distanze maggiori dell'ultimo indicato limite. L'uso delle ceste trova talvolta un'utile applicazione nel sollevamento dei materiali provenienti da uno sterro piuttosto profondo, quando si trova incomodo il getto col badile, quando non si possono praticare delle vie accessibili alle carriuole ed alle carrette, e quando non è praticabile l'innalzamento verticale mediante burbere.

In un cantiere di sterro, in cui il trasporto viene fatto mediante barelle o mediante ceste, vi devono essere tre diverse specie di operai: quelli che smuovono la sostanza da sterrarsi; quelli che la caricano sulle barelle o nelle ceste; quelli che la trasportano. Il numero poi dei primi, dei secondi e dei terzi deve essere preso in modo che nessuno, pendente le ore di lavoro, possa rimanere inoperoso. Talvolta i medesimi operai scavano la terra, la caricano e la trasportano al luogo di scarico.

16. **Trasporto con carriuole.** — Il mezzo di trasporto che più sovente s'impiega nei piccoli sterri è la carriuola, la quale torna

assai vantaggiosa finchè trattasi di trasporti a distanze comprese fra 15 e 60 metri, e lungo vie con pendenza minore di 1/12.

L'esperienza ha fatto vedere: 1° che un operaio può mediamente caricare in una carriuola 15 metri cubi di terra in 10 ore di lavoro equivalenti a 36000 minuti secondi, e da questo dato risulta che il tempo t, necessario al caricamento di una carriuola della capacità di metri cubi 0,030, si ottiene (per la proporzionalità dei tempi ai volumi caricati) ponendo

$$t = \frac{36000 \times 0,030}{15} = 72'';$$

2° Che un operaio spingendo una carriuola carica per metà cammino e scarica per l'altra metà, può mediamente percorrere 30000 metri in una giornata di 10 ore di lavoro, ossia in 36000 minuti secondi, e che perciò nel tempo in cui un secondo operaio carica una carriuola, vale a dire in 72 minuti secondi, può il primo fare un cammino d, il quale per la proporzionalità degli spazi percorsi ai tempi impiegati a percorrerli, è espresso da

$$d = \frac{30000 \times 72}{36000} = 60^{m}.$$

Dai dati stabiliti risulta che, in relazione della distanza a cui va eseguito il trasporto, si può regolare la capacità della carriuola in guisa che un operaio impieghi per caricarla lo stesso tempo che consuma per spingerla piena al luogo di scarico e respingerla vuota al sito di carico. Trattandosi, per esempio, di fare un trasporto alla distanza orizzontale di 50 metri, bisognerà contare 100 metri tra andata e ritorno: un uomo colla carriuola piena nell'andata e colla carriuola vuota nel ritorno, percorrendo 30000 metri in 10 ore o in 36000 minuti secondi, impiegherà per fare il cammino di 100 metri un tempo t' espresso da

$$t' = \frac{36000 \times 100}{30000} = 120'' = 2';$$

ed un altro uomo, che può caricare 15 metri cubi in 10 ore pari a 600 minuti primi, caricherà in 2′ il volume v, dato da

$$v = \frac{15 \times 2}{600} = 0^{mc},050$$

e di cui deve essere capace la carriuola.

In un cantiere di sterro, nel quale i trasporti si fanno mediante

carriuole, occorrono tre specie di operai, gli smovitori, i caricatori ed i carriuolanti; ed i numeri di questi operai, dipendentemente dalla natura dello sterro e dalla distanza a cui si vogliono condurre le materie scavate, devono trovarsi nelle giuste proporzioni per guisa che nessuno rimanga inoperoso mentre gli altri lavorano.

Determinando la natura di uno sterro, colla formola citata al numero 6, applicata dopo l'esperimento indicato al volume che tratta dei materiali da costruzione alla pagina ed al numero 41, si viene a conoscere la giusta proporzione da adottarsi fra il numero degli smovitori e quello dei caricatori; quanto immediatamente segue vale per apprendere come si debba proporzionare il numero dei carriuolanti a quello dei caricatori.

17. Ricambio su un terreno orizzontale. — Quella lunghezza che su un terreno orizzontale e nel tempo in cui un caricatore riempie un carriuola può essere percorsa da un carriuolante, nell'andata colla carriuola piena e nel ritorno colla carriuola vuota, si chiama *ricambio.* La lunghezza del ricambio, che mediamente si può ritenere come costante su qualsiasi via orizzontale con struttura adatta alla facile circolazione delle carriuole, e per operai sufficientemente abili, varia colla capacità delle carriuole. L'esperienza ha dimostrato che impiegando carriuole dell'ordinaria capacità di metri cubi 0,030, la lunghezza del ricambio su un terreno orizzontale è un po' più di 30 metri, ma che in conformità di quanto risulta dai dati del precedente numero, conviene fissarlo nell'indicata cifra per compensare le difficoltà che s'incontrano nel condurre le carriuole su rilevati di fresco costrutti, e le perdite di tempo che è impossibile di evitare.

18. Ricambio su un terreno in pendenza. — Un carriuolante, spingendo all'insù una carriuola piena lungo una via in pendenza, non può percorrere, nel tempo che impiega un caricatore per riempire una carriuola, i 30 metri che percorrerebbe su una via orizzontale; segue da ciò che la lunghezza del ricambio sui terreni in pendenza deve essere diversa dalla lunghezza dei ricambi sui terreni orizzontali.

Accurate esperienze instituite nei trasporti delle terre fatti mediante carriuole hanno accertato: che le rampe inclinate ad 1/12 sono le più convenienti; che le rampe più rapide stancano troppo il carriuolante; che le rampe più dolci fanno percorrere un cammino troppo lungo e che risultano di costruzione troppo costosa; e che su una rampa inclinata di 1/12 il carriuolante, salendo colla carriuola piena, percorre la distanza orizzontale di 20 metri nel tempo stesso

che impiegherebbe per portarsi a 30 metri di distanza su un terreno orizzontale.

L'ultimo degli indicati risultamenti d'esperienza fa vedere doversi fissare 20 metri il ricambio su vie aventi la pendenza di 1/12 e che si vogliono salire colle carriuole piene; e, siccome l'innalzamento che si verifica su detta pendenza per un percorso orizzontale di 20 metri è $\frac{1}{12} 20^m = 1^m,66$, ne segue che sarà indifferente sulle rampe inclinate di 1/12 di valutare il ricambio o a 20 metri di percorso orizzontale o a metri 1,66 di percorso verticale.

19. **Come si deve procedere nella determinazione del numero di ricambi occorrenti ad eseguire un trasporto colle carriuole, e dati pratici da impiegarsi in questa determinazione.** — Se le materie da estrarsi da uno sterro si trovassero tutte concentrate in un sol punto, se nella formazione dell'interro tornasse pure possibile il loro concentramento in un punto unico, e se di più fra lo scavo ed il rilevato non esistessero che vie orizzontali, vie in salita con pendenza di 1/12 e vie in discesa con pendenze facilmente superabili, risulterebbe della massima facilità il trovare il numero dei ricambi contenuti nell'intiero cammino che devono percorrere le materie sterrate per passare dal luogo di carico al luogo di scarico. Rammentando quanto si è detto sul finire del numero 8, che cioè relativamente alla difficoltà di trasporto si possono considerare come orizzontali le vie percorse in discesa coi veicoli carichi ed in salita coi veicoli vuoti, si misurerebbe orizzontalmente e si esprimerebbe in metri la lunghezza dell'intiero cammino da percorrersi; si sommerebbero le lunghezze corrispondenti ai tratti orizzontali ed ai tratti in discesa, ed il risultato si dividerebbe per 30; si sommerebbero i tratti in salita, ed il risultato si dividerebbe per 20; ed addizionando i due quozienti così ottenuti si otterrebbe il numero dei ricambi da considerarsi nell'intiero trasporto, qualora si trovassero verificate tutte le indicate ipotesi.

Nelle ordinarie circostanze della pratica, nè lo sterro nè l'interro sono di dimensioni così limitate da essere ammissibile l'ipotesi del loro concentramento in un sol punto: tutte le parti anche piccolissime in cui si può dividere l'intiero scavo devono percorrere distanze diverse per venire al posto loro assegnato nel rilevato, e per conseguenza si rende indispensabile il calcolo di quella distanza orizzontale fittizia la quale, supposta comune a tutte le parti dell'intiera massa da trasportarsi, non alteri punto il lavoro da consumarsi nelle reali circostanze del trasporto, e che al numero 8

venne chiamata *distanza media*. Questa distanza media, espressa in metri e divisa per 30 metri, darà nel quoziente il numero dei ricambi da considerarsi nell'intero trasporto.

L'aumento che va fatto alla lunghezza orizzontale di una salita da superarsi colle carriuole cariche, per avere quella distanza orizzontale fittizia la quale può essere percorsa nello stesso tempo che il veicolo deve impiegare ad ascendere l'effettiva pendenza, si deduce dalle seguenti considerazioni: l'esperienza ha mediamente fatto vedere che il trasporto a 20 metri contati orizzontalmente su una salita con pendenza di 1/12 ha luogo nello stesso tempo che s'impiega a fare il medesimo trasporto su una via orizzontale a 30 metri di distanza; segue da ciò che per il trasporto ad 1 unità di distanza orizzontale su una rampa avente la detta pendenza, s'impiegherà lo stesso tempo come percorrendo una via orizzontale di lunghezza

$$\frac{30}{20} = 1{,}50,$$

e che chiamando

H l'altezza totale di una salita avente la pendenza di 1/12 e quindi lunga orizzontalmente 12H,

X la distanza che orizzontalmente verrebbe percorsa nel tempo necessario per superare l'altezza H o a percorrere la distanza 12H, si avrà

$$X = 1{,}50 \times 12H = 18H \qquad (1),$$

ossia ancora

$$X = 12H + 6H \qquad (2).$$

La formola (2) esprime *che la quantità da aggiungersi alla lunghezza orizzontale* 12H *di una salita avente la pendenza di* 1/12 *e da superarsi colle carriuole cariche, per avere quella distanza orizzontale fittizia la quale può essere percorsa nello stesso tempo che il veicolo deve impiegare ad ascendere l'effettiva pendenza, è eguale al sestuplo dell'altezza totale* H *della salita medesima.*

La conseguenza dedotta per la pendenza di 1/12 si suole estendere a qualsivoglia pendenza minore; e, trattandosi di trasporti fatti con carriuole, è nota presso i pratici la seguente regola generale: *aggiungendo alla lunghezza orizzontale di una salita con pendenza minore di 1/12 il sestuplo della sua totale altezza, si ottiene quella distanza orizzontale fittizia che verrebbe orizzontalmente percorsa nello stesso tempo che impiegasi a percorrere l'effettiva salita.*

La formola (1) dice: *che lungo una salita avente pendenza di 1/12 si ascende con una carriuola carica nello stesso tempo che si impiegherebbe colla medesima carriuola a percorrere su una via orizzontale diciotto volte l'altezza totale della salita.*

Riassumendo quanto si è detto relativamente alla valutazione delle distanze nei trasporti con carriuole, si possono formulare queste semplicissime regole pratiche:

1° Le vie orizzontali si valutano come sono, prendendo la effettiva loro lunghezza;

2° Le vie inclinate, con pendenza facilmente superabile dalle carriuole, e che devono essere percorse in discesa dai veicoli carichi si valutano pure prendendo soltanto la loro lunghezza orizzontale;

3° Le vie con pendenza di 1/12, che devono essere percorse in salita dalle carriuole piene, si valutano come equivalenti a vie orizzontali lunghe 18 volte l'altezza che esse superano;

4° Le vie con pendenza minore di 1/12, che devono essere percorse in salita dalle carriuole piene, si considerano come vie orizzontali lunghe come la distanza orizzontale fra i loro estremi, aumentata di 6 volte la differenza di livello che passa fra gli estremi medesimi;

5° Le vie con pendenza anche di poco maggiore di 1/12, che in salita devono essere percorse dalle carriuole piene, non sono economicamente superabili: in simile circostanze occorre la costruzione di rampe o di vie di servizio con pendenza di 1/12, ed il percorso orizzontale equivalente al totale innalzamento è dato da 18 volte quest'innalzamento medesimo.

20. Problemi sulla determinazione delle distanze medie. — I. *Su un terreno di profilo* AB *(fig.* 8) *vuolsi elevare un rilevato di forma prismatica impiegando le materie che saranno per risultare da uno scavo pure prismatico posto in direzione parallela a quella del rilevato. Si domanda la distanza media del trasporto nell'ipotesi che le lunghezze dello scavo e del rilevato siano talmente limitate da potersi essi considerare come parti componenti corrispondenti di uno sterro e relativo interro.*

Sopra il disegno, che in una determinata scala rappresenta il profilo del terreno, si segnino tanto il profilo CDEF dello scavo quanto il profilo HIKL del rilevato; per le rette orizzontali proiettate in F ed in H, rappresentanti rispettivamente il bordo dello scavo ed il piede del rilevato, s'immaginino condotti due piani orizzontali e due piani inclinati di 1/12; si traccino le orizzontali FM, ed HO e le inclinate FN, HP intersezioni di questi piani con

quello comune ai profili già segnati; si trovino i centri di gravità G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 e G_6 delle sei figure FCM, FMN, FNDE, HLO, HOP e HPKI; e si chiamino:

v_1, v_2, v_3, v_4, v_5 e v_6 i sei volumi rispettivamente proiettati nelle figure FCM, FMN, FNDE, HLO, HOP e HPKI;

w il volume totale dello sterro da smuoversi;

d_1 e d_2 le distanze orizzontali dei due centri di gravità G_1 e G_2 da F;

h_2 e h_3 le distanze dei centri di gravità G_2 e G_3 dal piano orizzontale condotto per F;

d_4 e d_5 le distanze orizzontali dei due centri di gravità G_4 e G_5 da H;

h_5 e h_6 le distanze dei centri di gravità G_5 e G_6 dal piano orizzontale condotto per H;

a la distanza orizzontale FQ che passa fra i due punti F ed H, e

b la loro differenza di livello HQ;

l la lunghezza dello scavo, e

l' quella del rilevato;

d' la distanza media che devono percorrere le materie scavate per passare sul bordo F;

d'' la distanza media che devono percorrere nell'essere trasportate dal bordo F al piede H del rialzo;

d''' la distanza media che devono percorrere per entrare nella formazione del rilevato;

δ la distanza media domandata.

Considerando la parte di scavo che trovasi rappresentata in FCM, si può supporre che, per trasportare lungo il bordo F il materiale che sarà essa per somministrare, si debba fare il medesimo lavoro come se tutto questo materiale fosse concentrato nel centro di gravità G_1: siccome poi il trasporto va eseguito in discesa, sarà d_1 la distanza media che ad esso corrisponde. — La parte di scavo rappresentata in FMN, avendo il suo centro di gravità G_2 al disopra del piano FN condotto con inclinazione di 1/12, qualora si supponga tutta concentrata in detto centro, verrà trasportata lungo il bordo F seguendo un cammino con pendenza minore di 1/12, e quindi la distanza media corrispondente sarà $d_2 + 6\ h_2$. — Le materie che sarà per somministrare la parte di scavo rappresentata in FNDE si possono anche tutte supporre concentrate al centro di gravità G_3 e, trovandosi questo centro sotto il piano FN condotto con pendenza di 1/12, non si può effettuare il trasporto seguendo il più breve cammino che si presenta per andare al bordo F, ma sibbene, di mano in mano che lo scavo procede, importa di lasciare una via di servizio con sviluppo sufficiente a giungere in F con pen-

denza di 1/12; ed allora la distanza orizzontale fittizia corrispondente all'innalzamento delle sostanze scavate fino in F sarà espressa da $18 h_3$. Conviene però osservare: che, le materie già smosse non possono raggiungere detta via senza fare prima un cammino orizzontale; che le parti di sterro poste sull'asse di questa via descrivono un cammino nullo, mentre descrivono un cammino $\frac{l}{2}$ quelle poste alle estremità della lunghezza del cavo; e che conseguentemente è $\frac{l}{4}$ il cammino che si può supporre descritto orizzontalmente dai centri di gravità dei due volumi di sterro posti l'uno a dritta e l'altro a sinistra dell'asse della via di servizio, non che quello orizzontalmente percorso da tutto il volume posto sotto il piano FN. Riassumendo, si avrà che la distanza media che dovranno percorrere le materie occupanti la parte di sterro proiettata in FNDE per essere portate lungo il bordo F, sarà espressa da $18h_3+\frac{l}{4}$. — Applicando ora la regola del numero 8, si avrà che la distanza media percorsa dalle terre scavate e portate lungo il bordo F è espressa da

$$d' = \frac{v_1 d_1 + v_2(d_2 + 6h_2) + v_3\left(18h_3 + \frac{l}{4}\right)}{w} \qquad (1).$$

La distanza che percorrono le terre nel superare l'ascesa FH, passando dal bordo F dello scavo al piede H del rilevato, e nell'ipotesi che detta ascesa abbia una pendenza minore di 1/12, è espressa da

$$d'' = a + 6b \qquad (2).$$

Le prime materie portate in H dovranno essere impiegate nella formazione della parte HLO di rilevato. Considerando queste materie a posto come concentrate nel centro di gravità G_4, si verifica una discesa per andare da H a detto centro, e quindi la distanza media corrispondente è d_4. — Vien dopo la parte HOP di rilevato, il cui centro di gravità è in G_5 sotto il piano HP inclinato di 1/12; cosicchè, supponendo che tutto il materiale impiegato nella sua formazione venga a concentrarsi in detto centro, si avrà il caso di un trasporto su via con pendenza minore di 1/12, e quindi la distanza media, che corrisponde al trasporto del materiale preso lungo il piede H e portato a formare il solido HOP, sarà espressa da $d_5 + 6h_5$. — Finalmente, siccome si dovrà formare la parte di

rilevato HPKI prendendo le materie occorrenti in H, e facendole venire al sito loro destinato per vie colla pendenza di 1/12 lasciate nel corpo del rilevato medesimo di mano in mano che esso va elevandosi, vi sarà nel trasporto della totale massa, supposta concentrata al suo centro di gravità, un innalzamento h_6 ed un precorso orizzontale medio $\frac{l'}{4}$; e per conseguenza la distanza media che si può supporre percorsa dalle materie che devono formare il rilevato HPKI sarà espressa da $18\,h_6+\frac{l'}{4}$. — Applicando anche qui la regola data al numero 8, si otterrà che la distanza media d''', la quale corrisponde al trasporto dal piede H alla formazione del rilevato, è espressa da

$$d'''=\frac{v_4d_4+v_5(d_5+6h_5)+v_6\left(18h_6+\frac{l'}{4}\right)}{w} \qquad (3).$$

Finalmente ponendo

$$\delta=d'+d''+d''' \qquad (4)$$

si avrà la distanza media D percorsa per l'esecuzione dell'intiero scavo e del intiero rilevato.

Le formole (1), (2) e (3) convenientemente modificate servono per molti casi che si possono considerare come altrettanti casi particolari di quello che si è considerato. Si contempla il caso del profilo AB orizzontale facendo $v_1=0$, $b=0$ e $v_4=0$; ponendo soltanto $b=0$ si considera il caso in cui il profilo AB è in discesa da C in F, orizzontale o in discesa da F in H, e finalmente in discesa da H in B; e ponendo $v_1=0$, $v_2=0$, $v_4=0$, $v_5=0$ e $a+6b=18b$, si ha il caso in cui il profilo AB del terreno sale da A in B con pendenza maggiore di 1/12.

II. *In un terreno di profilo* AB (*fig.* 9) *vuolsi praticare uno scavo di forma prismatica, e le terre che saranno per risultare si vogliono depositare a destra ed a sinistra dello scavo onde formare due rilevati pure prismatici ed estendentisi secondo date direzioni. Si domanda: di separare la parte di scavo, le cui terre devono servire alla formazione del rilevato di destra, dall'altra parte, le cui terre si devono impiegare nella formazione del rilevato di sinistra; e di indicare come si può giungere al calcolo delle distanze medie relative ai trasporti sì dell'una che dell'altra parte.*

I dati del problema sono: la figura CDEF che rappresenta la sezione retta dell'intiero sterro; la lunghezza dello scavo e quelle

dei rilevati; le posizioni delle due direzioni rettilinee secondo cui si vogliono eseguire i rilevati, e che suppongo rappresentate in G ed H. Segue da ciò che saranno elementi cogniti: qualsiasi dimensione relativa alla figura CDEF; il volume rappresentato in CDEF; la distanza orizzontale a fra il punto G ed il punto C; la distanza orizzontale a' fra il punto H ed il punto F.

Assumendo che la superficie dividente lo scavo debba essere un piano verticale, supponendo il problema risoluto e che sia IK la retta rappresentante sul profilo detto piano, e chiamando x la distanza orizzontale fra il punto I determinante la posizione del piano IH ed il punto fisso C, il volume rappresentato in CDKI si potrà esprimere con $F(x)$, ed applicando il processo del precedente problema, si potrà rappresentare con $f(x)$ la distanza media corrispondente di questo volume trasportato in LMNO.

Analogamente si potrà avere il volume rappresentato in FEKI espresso con $F_1(x)$, e si potrà trovare quella funzione $f_1(x)$ che dà la distanza media corrispondente al trasporto di detto volume nella formazione del rilevato PQRS.

Ponendo ora che il volume di scavo necessario a formare il rilevato LMNO moltiplicato per la rispettiva distanza media deve essere eguale al volume di scavo occorrente a formare il rilevato PQRS moltiplicato per la distanza media corrispondente, ossia ponendo

$$F(x)\, f(x) = F_1(x)\, f_1(x),$$

si otterrà l'equazione determinatrice di x e quindi della posizione da assegnarsi al piano dividente. Sostituendo il valore trovato per x in $f(x)$ ed in $f_1(x)$ si avranno le distanze medie che corrispondono ai due trasporti da eseguirsi per la formazione dei due rilevati.

Le funzioni di x, che entrano nell'equazione stabilita, risultano generalmente assai difficili ad ottenersi, per cui il metodo che ho indicato non viene mai seguìto dai pratici, i quali amano meglio di procedere per tentativi: segnando la retta IK rappresentante un piano che presso a poco divida lo sterro nel modo il più conveniente; disegnando i profili LMNO e PQRS dei due rilevati in modo che i volumi in essi rappresentati risultino rispettivamente eguali a quelli noti e rappresentati in CDKI ed FEKI; calcolando colle norme date nel precedente problema le distanze medie che devono percorrere le due parti dello sterro per venire alla formazione dei rilevati che loro corrispondono, e verificando se i pro-

dotti dei due volumi in cui rimane diviso lo scavo per le rispettive distanze medie sono eguali e disuguali. Nel primo caso, e quando gli indicati prodotti sono poco diversi l'uno dall'altro, il piano verticale rappresentato in I K è il piano richiesto; nel secondo caso conviene trasportare IK nel senso conveniente, cioè in modo da diminuire quella parte di scavo cui corrisponde il maggior prodotto; e così procedere finchè l'accennata eguaglianza si trovi almeno approssimativamente verificata.

Invece di prendere verticale il piano dividente, lo si può anche prendere in modo da fare un dato angolo colla verticale o coll'orizzontale, ed il problema non presenterebbe per questo delle serie difficoltà.

III. *Su un terreno di profilo* A B (*fig.* 10) *vuolsi elevare un rilevato di forma prismatica prendendo le terre necessarie alla sua formazione da due scavi laterali da praticarsi secondo date direzioni. Si domanda: di separare la parte di rilevato che deve essere formata colle terre provenienti dallo scavo di destra da quella che deve essere formata colle terre derivanti dallo scavo di sinistra, e di indicare come si possono calcolare le due distanze medie relative ai trasporti delle terre ricavate dall'uno e dall'altro scavo.*

La risoluzione del proposto quesito si può fare come nel caso precedente. Supponendo il problema risoluto, prendendo per incognita la distanza orizzontale x fra il punto C ed il punto I determinante la posizione del piano verticale domandato, chiamando $F(x)$ ed $F_1(x)$ i due volumi, di cui si deve comporre il rilevato, rispettivamente rappresentati in C D K I ed F E K I, $f(x)$ ed $f_1(x)$ le distanze medie che devono percorrere le terre prese in L M N O e P Q R S per essere trasportate alla formazione delle dette parti di rilevato, l'equazione determinatrice di x sarebbe ancora

$$F(x)\ f(x) = F_1(x)\ f_1(x).$$

In pratica però, anche nel risolvere questo problema si procede per tentativi: si fa il disegno regolare del profilo A B del terreno e del profilo C D E F del rilevato; si fissano i punti G ed H rappresentanti le linee che danno le direzioni secondo le quali devono essere praticati gli scavi; si tira, come si giudica meglio, la retta I K rappresentante il piano dividente; si disegnano i due scavi L M N O e P Q R S rappresentanti volumi rispettivamente eguali a quelli rappresentati in C D K I ed F E K I; si trovano le distanze medie relative ai trasporti di detti volumi col metodo indicato al problema I; si verifica se i due prodotti di tali distanze medie

per rispettivi volumi sono eguali; e si trasporta la retta I K finchè diventino almeno approssimativamente tali.

IV. *Trovare la distanza media corrispondente ad uno scavo longitudinale da praticarsi lungo l'asse orizzontalmente proiettato in SS' (fig. 11) e ad un rilevato da eseguirsi lungo l'asse di proiezione orizzontale RR', nell'ipotesi che il materiale ricavato da quello sia sufficiente alla formazione di questo, e nell'ipotesi che il terreno intercetto fra lo scavo ed il rilevato sia accessibile in qualunque direzione.*

Dividasi l'asse di scavo SS' in un certo numero di parti SS_1, S_1S_2, S_2S_3,...... tali che, immaginando condotti i piani verticali ASB, $A_1S_1B_1$, $A_2S_2B_2$, $A_3S_3B_3$,...... normali a detto asse, risultino tante parti componenti lo sterro, ciascuna delle quali sia scavabile, con una sol via di servizio posta verso il suo mezzo. Mediante piani verticali CRD, $C_1R_1D_1$, $C_2R_2D_2$, $C_3R_3D_3$,...... normali all'asse RR' del rilevato, si divida il rilevato medesimo in parti CC_1D_1D, $C_1C_2D_2D_1$, $C_2C_3D_3D_2$,...... rispettivamente corrispondenti (num. 8) alle parti AA_1B_1B, $A_1A_2B_2B_1$, $A_2A_3B_3B_2$,...... dello scavo; e finalmente per ciascuna delle parti in cui venne diviso lo sterro si calcoli, come venne indicato al problema I, la distanza media necessaria per trasportarla alla formazione della parte corrispondente del rilevato.

Chiamando:

δ_1, δ_2, δ_3,...... le distanze medie convenienti a trasportare le parti di scavo AA_1B_1B, $A_1A_2B_2B_1$, $A_2A_3B_3B_2$,...... nella formazione delle parti corrispondenti CC_1D_1D, $C_1C_2D_2D_1$, $C_2C_3D_3D_2$,...... del rilevato,

w_1, w_2, w_3,...... i volumi dello scavo rispettivamente proiettati in AA_1B_1B, $A_1A_2B_2B_1$, $A_2A_3B_3B_2$,......,

V il volume totale dello sterro da eseguirsi,

$\Sigma w\delta$ la somma dei prodotti delle diverse parti componenti lo scavo per le distanze medie che devono rispettivamente percorrere,

D la distanza media domandata,

ed applicando la regola data al numero 8, si ha

$$D = \frac{w_1\delta_1 + w_2\delta_2 + w_3\delta_3 + \ldots\ldots}{w_1 + w_2 + w_3 + \ldots\ldots},$$

o più semplicemente

$$D = \frac{\Sigma w\delta}{V}.$$

V. *Trovare la distanza media corrispondente ad un rilevato longitudinale da elevarsi lungo l'asse proiettato orizzontale in* RR' *(fig. 12),*

mediante le materie ricavabili da uno scavo da eseguirsi lungo l'asse di proiezione orizzontale SS', nell'ipotesi che il trasporto debbasi effettuare passando per un punto obbligato M.

Sul piano che rappresenta le proiezioni dello sterro e dell'interro si faccia la divisione in parti corrispondenti, come venne indicato nella risoluzione del precedente problema; le diverse parti AA_1, A_1A_2, A_2A_3,...... in cui rimane diviso il bordo dello scavo che trovasi posto dalla parte del rilevato, si dividano per metà, e la stessa divisione si faccia sulle varie parti CC_1, C_1C_2, C_2C_3,...... in cui è diviso il piede del rilevato sito dalla parte dello scavo; fissata nel disegno che rappresenta il piano dello scavo e del rilevato la proiezione orizzontale del punto obbligato M, si prendano tutte le distanze che i punti di mezzo N_1, N_2, N_3,...... posti sul bordo dello scavo e che i punti di mezzo O_1, O_2, O_3,...... situati al piede del rilevato hanno da M; e finalmente per ciascuna delle parti in cui venne diviso lo scavo si calcolino le distanze medie per effettuare il trasporto dall'interno dello scavo al suo bordo, e dal piede del rilevato nel suo interno. Ritenendo che le parti di sterro AA_1B_1B, $A_1A_2B_2B_1$, $A_2A_3B_3B_2$,...... sono quelle che vanno rispettivamente impiegate nella formazione delle parti d'interro CC_1D_1D, $C_1C_2D_2D_1$, $C_2C_3D_3D_2$,...... la distanza media che dovrà percorrere la parte di sterro AA_1B_1B per passare alla formazione della corrispondente parte di rilevato CC_1D_1D si comporrà della distanza media che verrà percorsa per passare dall'interno dello scavo sul suo bordo AA', delle due distanze N_1M ed MO_1 e della distanza media per passare dal piede CC_1 del rilevato nell'intreno del rilevato medesimo: analogamente si otterranno le distanze medie percorse da tutte le parti componenti lo sterro per passare alla formazione delle parti corrispondenti di rilevato. Conoscendo le distanze medie percorse dalle diverse parti componenti, e conoscendo i loro volumi, si trova la distanza che risponde al totale lavoro applicando la formola del precedente problema.

VI. *Devesi eseguire uno scavo il cui asse è orizzontalmente proiettato in SS' (fig. 13) e le materie da esso ricavate vanno impiegate nella formazione di un rilevato che ammette la linea RR' per proiezione orizzontale del suo asse: il trasporto del materiale dallo sterro all'interro deve aver luogo passando per due punti obbligati P e Q. Si domanda di separare nello scavo le materie che devono passare per P da quelle che devono transitare per Q, di indicare nel rilevato il sito in cui vanno depositate le prime e quello in cui vanno scaricate le seconde, e di trovare le due distanze medie corrispondenti.*

La soluzione del proposto problema, quale si applica nella pratica, è la seguente: costrutto un disegno rappresentante la proiezione orizzontale dello scavo, quella del rilevato e quella dei due punti obbligati P e Q, si dividano lo sterro e l'interro in parti corrispondenti AA_1B_1B e CC_1D_1D, $A_1A_2B_2B_1$ e $C_1C_2D_2D_1$, $A_2A_3B_3B_2$ e $C_2C_3D_3D_2$,...... e quindi si segnino i punti di mezzo delle diverse parti in cui trovansi divisi il bordo dello scavo posto verso il rilevato ed il piede del rilevato situato verso lo scavo. Fatte queste divisioni, usando del compasso e procedendo per tentativi, si cerchino due punti corrispondenti uno sul bordo dello scavo e l'altro al piede del rilevato, per cui si abbia che la somma delle distanze che essi hanno da P sia eguale alla somma delle distanze che hanno da Q. Se, per esempio, sono N_1 ed O_1 questi punti corrispondenti, si dirà: che le terre prese in N_1 si possono portare in O_1 facendo lo stesso lavoro tanto passando per P quanto passando per Q; che si devono portare lungo RO_1 passando per P le materie scavate lungo SN_1, e che si devono depositare lungo O_1R' passando per Q le materie prese su N_1S'.

La distanza media corrispondente all'intiero lavoro si trova cercando prima, come si è detto al precedente problema, le due distanze medie rispondenti al trasporto da farsi per P ed al trasporto da eseguirsi per Q. Dicendo

V' e V'' i volumi dello sterro da trasportarsi il primo per P ed il secondo per Q,

D' e D'' le distanze medie corrispondenti ai trasporti di questi volumi,

Δ la distanza media domandata,

si ha

$$\Delta=\frac{V'D'+V''D''}{V'+V''}.$$

Osservazione. — Nella risoluzione del proposto problema si è tacitamente supposto che le due vie spezzate N_1PO_1 e N_1QO_1 venissero a cadere con gracitura orizzontale o discendente dallo scavo al rilevato. Non verificandosi questo fatto, il problema può notevolmente complicarsi, ed il metodo che soventi può guidare per avvicinarsi alla vera soluzione consiste: nel determinare i due punti N_1 ed O_1 come sopra venne detto supponendo senz'altro il terreno orizzontale; nel cercare le due distanze orizzontali fittizie che verrebbero percorse nello stesso tempo che si impiegherebbe per superare le vie proiettate in N_1PO_1 ed N_1QO_1; nell'osservare se

queste distanze fittizie sono identiche, nel qual caso il problema è già risoluto; e nel modificare per tentativi le posizioni dei punti N_1 ed O_1 fino a che si verifichi l'eguaglianza nelle due distanze fittizie che corrispondono agli effettivi cammini da seguirsi per andare da N_1 in O_1 passando per P e passando per Q.

VII. *Vuolsi eseguire un rilevato, il cui asse trovasi orizzontalmente proiettato nella linea* RR′ *(fig. 14), ricavando il materiale necessario a formarlo da uno scavo che ammette la retta* SS′ *come proiezione orizzontale del suo asse. Il trasporto deve aver luogo passando per alcuni punti obbligati* P′, P″, P‴,...... *e si domanda: di separare nello scavo le materie che nel trasporto devono passare per* P′, *quelle che devono passare per* P″, *quelle che devono passare per* P‴,......; *di determinare in quali parti di rilevato si devono rispettivamente depositare queste materie; e qual è la distanza media del trasporto.*

Sul disegno che rappresenta in proiezione orizzontale lo scavo, il rilevato non che i punti obbligati P′, P″, P‴,...... si faccia, come venne indicato nel problema IV, la divisione dello sterro e dell'interro in parti corrispondenti; si dividano per mezzo le diverse parti in cui viene diviso il bordo dello scavo che rimane più prossimo al rilevato, individuando i punti N_1, N_2, N_3,......; si dividano pure per mezzo le parti corrispondenti del piede del rilevato nei punti O_1, O_2, O_3,......; e quindi per via di tentativi fatti col compasso si trovino due di questi punti corrispondenti nello scavo e nel rilevato, per cui si abbia che la somma delle due distanze di questi punti da P′ sia eguale o piu di ogni altra prossima ad essere eguale alla somma delle due distanze degli stessi punti da P″. Ponendo che siano N_1 ed O_1 i due punti che soddisfano all'indicata condizione, si dirà che le materie da scavarsi in corrispondenza della parte AN_1 del bordo dello scavo dovranno essere trasportate lungo la parte CO_1 del piede del rilevato passando per P′. — I tentativi instituiti appoggiandosi sui punti P′ e P″, per trovare i centri corrispondenti N_1 ed O_1 si ripeteranno per trovare due altri punti anche corrispondenti che soddisfino alla condizione di essere la somma della loro distanza da P″ eguale o più di ogni altra prossima ad essere eguale alla somma dalle loro distanze da P‴. Supponendo che siano N_p e O_p questi punti, si dirà che le materie scavate in corrispondenza di N_1N_p dovranno essere depositate lungo O_1O_p passando per P″, e che passando per P‴ si dovranno trasportare su O_pC' le terre provenienti dallo scavo da farsi lungo N_pA'. — Procedendo collo stesso metodo si arriva a dividere lo

sterro in tante parti quanti sono i punti obbligati, ed a decidere quali sono i punti di passaggio obbligati che loro convengono.

La distanza media relativa all'esecuzione dell'intiero scavo e dell'intiero rilevato richiede cho si conoscano prima le distanze medie relative ai trasporti da farsi per P', per P'', per P''',...... Chiamando:

V', V'', V'''...... i volumi degli sterri che devono rispettivamente passare per P', P'', P'''......;

D', D'', D'''...... le distanze medie corrispondenti ai trasporti degli indicati volumi;

W il volume dell'intiero sterro;

ΣVD la somma dei prodotti dei volumi V', V'', V''', per le rispettive distanze medie D', D'', D'''......;

Δ la distanza media domandata;

si ha:

$$\Delta=\frac{V'D'+V''D''+V'''D'''+\ldots\ldots}{V'+V''+V'''+\ldots\ldots},$$

o simbolicamente

$$\Delta=\frac{\Sigma VD}{W}.$$

Osservazione. — Quanto si è osservato nel precedente problema relativamente al caso in cui le diverse vie passanti pei punti obbligati P', P'', P'''...... non risultino orizzontali, è anche facilmente estensibile al caso generale or ora esaminato.

21. Metodo generalmente seguito in pratica nella deduzione del numero dei ricambi occorrenti ad effettuare un dato trasporto. — Le considerazioni del numero 19 hanno fatto vedere come la determinazione della distanza media di un trasporto debba precedere la deduzione del numero dei ricambi, il quale risulta poi nel quoziente che ottiensi dividendo per 30 la distanza media espressa in metri; ed i pochi esempli dati nel precedente numero, nel mentre sono sufficienti ad indicare come debbasi procedere nella pratica determinazione di qualsiasi distanza media, fanno conoscere come tale determinazione, senza presentare delle serie difficoltà, risulti sempre opera lunga e faticosa. Generalmente l'ingegnere incaricato di stabilire l'entità di un dato trasporto da eseguirsi colle carriuole determina il numero dei ricambi da pagarsi all'impresario in seguito alla distanza orizzontale che deve esistere fra i centri di gravità dello sterro e dell'interro, ed in seguito alla differenza di livello che deve passare fra gli stessi punti.

Se i centri di gravità dello sterro e dell'interro sono alla medesima altezza, oppure se andando dallo sterro all'interro si discende continuamente in modo da essere il centro di gravità di questo più basso del centro di gravità di quello, la loro distanza orizzontale espressa in metri e divisa per 30 indica il numero dei ricambi.

Se invece detti centri di gravità sono ad altezze differenti, e se vi è una salita per andare dallo sterro all'interro, si trova il numero dei ricambi col seguente metodo: si divide la differenza di livello dei due centri espressa in metri per metri 1,66 o, trascurando i centesimi, per metri 1,60, ed il quoziente indica il numero dei ricambi in rampa; si moltiplica questo quoziente per 20 metri onde avere la distanza orizzontale che corrisponde ai ricambi in rampa, e si sottrae il prodotto dalla distanza orizzontale espressa in metri, che passa fra i centri di gravità dello sterro e dell'interro; il resto diviso per 30 dà il numero dei ricambi da percorrersi orizzontalmente.

Così, essendo

D la distanza orizzontale che passa fra il centro di gravità dello sterro e quello dell'interro espressa in metri;

H la loro differenza di livello, pure espressa in metri;

n il numero totale dei ricambi, si avrà

$$n = \frac{H}{1,60} + \frac{\left(D - \frac{H}{1,60}\, 20\right)}{30}.$$

Quando $H = 0$, ossia quando i due centri di gravità sono allo stesso livello, questa formola dà

$$n = \frac{D}{30},$$

come sopra si è detto.

Presentandosi il caso di avere $D - \frac{H}{1,60}\, 20 = 0$ o quello di avere $D - \frac{H}{1,60}\, 20 < 0$, si deve dire che tutti i ricambi sono in pendenza e che per conseguenza

$$n = \frac{H}{1,60}.$$

Allorquando non è possibile di andare direttamente dallo sterro all'interro percorrendo sul suolo la traccia del piano verticale pas-

sante pei loro centri di gravità, o almeno scostandosi pochissimo da siffatta traccia, non bisogna già considerare la distanza orizzontale di detti centri, ma sibbene la proiezione orizzontale del viaggio realmente percorso. Questa considerazione non va mai trascurata quando si devono fare dei trasporti con punti di passaggio obbligati.

La regola di dedurre il numero dei ricambi partendo dalle posizioni dei centri di gravità dello sterro e dell'interro non va considerata come assolutamente generale; ed ecco alcune considerazioni dirette a far vedere come in molte circostanze possa indurre a gravi errori.

Nel caso che i due centri di gravità dello sterro e dell'interro siano allo stesso livello, o nel caso che quello sia più alto di questo, ma che il terreno fra essi interposto sia a salite alternate con discese, applicando la regola dei centri di gravità si verrebbe a considerare tutto il viaggio che deve essere descritto dalle carriuole come orizzontale ed a risguardare di 30 metri anche i ricambi percorsi in salita dai veicoli carichi, la qual cosa è in manifesta contraddizione coi risultamenti dell'esperienza.

Dovendosi eseguire un rialzo lungo una retta A B (*fig.* 15) mediante le terre da ricavarsi da uno scavo praticato in una località C, supponendo che il terreno interposto fra lo scavo ed il rialzo sia orizzontale, che il piede della perpendicolare abbassata da C su A B cada nel suo mezzo D, e che il rialzo debba essere eseguito depositando uniformemente le terre lungo A B, la distanza fra i centri di gravità dello scavo e del rilevato sarà C D, la quale evidentemente non può rappresentare la media delle diverse distanze che devono percorrere i carriuolanti per trasportare le terre ricavate dallo sterro. Converrà dividere una delle due parti eguali D A o D B in diverse parti, prendere le distanze dei loro centri di gravità G_1, G_2, G_3...... dal punto C e calcolare la distanza media, dicendo che deve essere eguale alla somma dei prodotti dei volumi aventi gli indicati centri per le distanze che questi hanno dal punto C divisa per il volume totale dello sterro.

Sia ancora uno scavo A (*fig.* 16) estendentesi in uno spazio circolare e vogliansi impiegare le terre che si potranno da esso ricavare nella formazione di un rilevato occupante la corona C. Se tanto lo scavo quanto il rilevato vanno uniformemente eseguiti, il primo sulla superficie circolare, il secondo sulla superficie della corona, e se di più quest'ultima superficie è equivalente alla prima, i due centri di gravità si confondono insieme, e la regola dei centri di gravità direbbe che in questo caso si può fare il trasporto senza

percorrere ricambio alcuno, la qual cosa è manifestamente assurda. Mediante piani verticali passanti per l'asse O comune allo scavo ed al rilevato, basta dividere il primo in settori cilindrici, il secondo in porzioni di scorza cilindrica, e considerare due parti corrispondenti D O E e F D E H, per accertarsi che il numero dei ricambi necessarii all'esecuzione dell'intero trasporto va dedotto dalla distanza GG' che passa fra i centri di gravità delle due parti corrispondenti considerate.

I citati esempi sono sufficienti per far conoscere i gravi errori che possono derivare calcolando i ricambi coll'applicazione non ragionata della regola dei centri di gravità, e come la scomposizione dello sterro e dell'interro in parti corrispondenti, quale venne applicata nei diversi problemi del numero 20, sia il mezzo a cui conviene attenersi per allontanare il pericolo di giungere ad assurde conseguenze.

22. **Ordinamento di un cantiere di sterro coll'impiego delle carriuole nei trasporti.** — Il regolare ed economico ordinamento di un cantiere di sterro sta nel fare in modo che, nelle ore di lavoro, nessuno degli operai rimanga inoperoso mentre gli altri lavorano, e quindi in una conveniente determinazione del numero degli smovitori, dei caricatori e dei carriuolanti. Ponendo, per fissare le idee, che sia quistione di eseguire uno sterro di terra da un uomo e mezzo, cioè tale che richiedasi mezza giornata di smovitore per tenere impiegato durante l'intiera giornata un caricatore, e che il trasporto debbasi eseguire a 4 ricambi di distanza, per ogni smovitore applicato allo scavo si metteranno due caricatori, e la terra posta nelle carriuole da ogni caricatore somministrerà lavoro a quattro carriuolanti. Per evitare che lungo il cammino i carriuolanti abbiano a porsi imbarazzo l'uno coll'altro, e per avere la maggior regolarità possibile nel lavoro, si divide la totale distanza a cui deve essere fatto il trasporto in ricambi lunghi orizzontalmente 30 metri o 20 metri, secondo che devono essere percorsi su vie orizzontali o su vie in pendenza prossima o eguale ad 1/12. Ciascun carriuolante non percorre che la lunghezza di un ricambio, ed alla fine di questo lascia la carriuola piena per prenderne un'altra vuota e ricondurla all'origine del ricambio su cui cammina. Con questa disposizione, se vuolsi che l'intiero cantiere abbia lavoro continuo, bisogna fare in modo che innanzi a ciascun caricatore siavi sempre una carriuola sottoposta al carico, e che al medesimo ne sia ricondotta una seconda appena ultimato il caricamento della prima; ora, siccome ciascun carriuolante ha

continuamente una carriuola fra le mani, ne segue che in un cantiere ben ordinato vi deve sempre essere un numero di carriuole eguale alla somma dei caricatori e dei carriuolanti.

La disposizione di fare in modo che ciascun carriuolante percorra solamente un ricambio non sempre si vede adottata nei trasporti fatti con carriuole, e più frequentemente si lascia che ciascun carriuolante prenda la carriuola piena al sito di carico, che la trasporti al luogo di scarico e che quindi la riconduca vuota al caricatore per riprendere una carriuola che deve trovar piena al suo arrivo. Anche in questo caso, dovendo sempre i carriuolanti avere una carriuola fra le mani, è necessario che si trovi nel cantiere un numero di carriuole eguale alla somma dei caricatori e dei carriuolanti.

Talvolta non si fa distinzione fra le tre specie di lavoranti; si fa in modo che ciascun uomo applicato al lavoro sia contemporaneamente smovitore, caricatore e carriuolante. Con questo sistema ciascun carriuolante ha sempre lo stesso veicolo nelle mani, scava la terra, la carica e quindi la trasporta al luogo di scarico; vuota la carriuola e ritorna al sito di scavo per scavare nuova terra e nuovamente caricarla e trasportarla al luogo di scarico.

Il primo degli indicati tre modi, che si seguono nell'ordinamento di un cantiere di sterro e di trasporto, è indubitatamente il più regolare, è quello che sembra il più preferibile dal lato dell'economia, principalmente quando i trasporti devono aver luogo su vie strette e passando per punti obbligati, ed è quello a cui l'ingegnere deve attenersi nella deduzione dei prezzi da corrispondersi agli impresari nei lavori di sterro e di trasporto con carriuole.

Nei trasporti eseguiti con carriuole, a misura che lo scavo si approfonda e che il rilevato s'innalza, bisogna lasciare e costrurre le convenienti vie di passaggio con pendenza non maggiore di 1/12, e, quando si incontrano dei terreni in cui risulta incomodo o impraticabile il passaggio, si dispongono delle tavole ben combaciantisi alle estremità su cui si fanno passare i carriuolanti ed i veicoli da essi spinti. Queste tavole, che si rendono principalmente necessarie lungo le rampe ed in tempi umidi, non che dopo le piogge, vanno cosperse di sabbia per impedire che i carriuolanti vengano a sdrucciolare. Importa anche di togliere le terre che si fanno aderenti alle carriuole, e di fare quest'operazione tutte le volte che si fa sentire il bisogno.

25. **Trasporto degli sterri con carrette a mano.** — Allorquando la distanza di un trasporto supera i 90 metri senza eccedere i

150 metri, si abbandona generalmente l'uso delle carriuole e si ha ricorso all'impiego delle carrette a mano trascinate da due uomini e spinte da un terzo.

I dati sperimentali che si possono ritenere come mediamente verificati nei trasporti fatti con carrette a mano sono i seguenti: 1° un terraiuolo può caricare in 10 ore di lavoro 15 metri cubi di terra da un uomo, e quindi per riempire una carretta della capacità di metri cubi 0,200 si impiegherà da un sol uomo il tempo t espresso da

$$t = \frac{36000 \times 0{,}200}{15} = 480'' = 8',$$

da due uomini il tempo $\frac{t}{2} = 4'$ e da tre uomini il tempo $\frac{t}{3} = 2'.40''$; 2° la velocità degli uomini applicati ad una carretta varia da 60 a 70 metri per ogni minuto primo, per cui fissando detta velocità a 60 metri, si viene a conchiudere di 1 minuto primo il tempo impiegato a percorrere colla carretta a mano 30 metri, ossia il ricambio corrispondente alla carriuola; 3° il tempo necessario a scaricare una carretta a mano varia da 25 a 30 minuti secondi.

Anche nei trasporti con carrette a mano, analogamente a quanto venne detto pei trasporti con carriuole, bisogna porre ogni cura per fare in modo che non vi sia lavorante inoperoso mentre gli altri lavorano; e quanto immediatamente segue serve a far comprendere il modo di avere la giusta relazione che deve esistere fra il numero dei caricatori e quello delle carrette.

24. **Ricambio nei trasporti fatti con carrette a mano.** — La condizione di non avere operaio inoperoso mentre tutti gli altri lavorano si soddisfa anche nei trasporti fatti con carrette a mano dividendo la totale distanza del trasporto in ricambi per guisa che il tempo impiegato per percorrere ciascuno di essi sia precisamente eguale al tempo impiegato al carico di una carretta. Supponendo che, in conformità dei migliori suggerimenti della pratica, si applichino due caricatori al riempimento di una carretta a mano, saranno necessari 4 minuti primi per condurre a compimento questa operazione; e, siccome occorre un minuto primo per percorrere nell'andata e nel ritorno il ricambio orizzontale di 30 metri, si deve conchiudere che il ricambio nei trasporti colla carretta a mano della capacità ordinaria di metri cubi 0,200 va fissato a quattro volte il ricambio adottato nei trasporti fatti colla carriuola della capacità di metri cubi 0,030. Tenendo poi conto delle difficoltà

che si incontrano lungo le vie di trasporto, sui rilevati ancora recenti e delle perdite di tempo sempre inevitabili, sembra più conforme a quanto succede nella pratica di contare 105 metri, ossia di tre volte e mezzo il ricambio delle carriuole, il ricambio che corrisponde alle carrette a mano della capacità indicata; e siccome per il vuotamento di una di tali carrette occorre un lasso di tempo di circa 30 minuti secondi, cioè un lasso di tempo presso a poco eguale a quello che è necessario per percorrere 30 metri, ossia 15 metri di andata e ritorno, l'ultimo ricambio si dovrà diminuire di 15 metri e ridurlo soltanto a metri 90.

Generalizzando la relazione che esiste fra il ricambio corrispondente all'uso della carriuola ed il ricambio corrispondente all'uso della carretta a mano su un terreno orizzontale, si può dire: che, su un terreno con pendenza prossima o eguale ad 1/12, un ricambio qualunque relativo all'impiego di questa è tre volte e mezzo il ricambio che corrisponde all'impiego di quella, ossia di 70 metri; e che, a motivo del tempo necessario allo scarico della carretta, l'ultimo dei ricambi in cui va divisa la distanza del trasporto deve essere solo di 60 metri, ossia tre volte quello che compete alla carriuola adoperata sull'indicata pendenza.

25. **Ordinamento di un cantiere di sterro coll'impiego delle carrette a mano nei trasporti.** — Pongasi, per fissare le idee, di dover eseguire uno sterro, per cui siasi trovata di due uomini la natura della terra da smuoversi e da trasportarsi.

Siccome chiamasi terra da due uomini quella che esige il lavoro continuo di uno smovitore per somministrare lavoro pure continuo ad un caricatore, e siccome al carico delle carrette a mano conviene applicare due lavoranti, ciascun cantiere di sterro e di trasporto si comporrà di due smovitori, di due caricatori e di tante squadre di tre conduttori quanti sono i ricambi compresi nella totale distanza per cui deve essere eseguito il trasporto. — Gli smovitori non faranno altro che scavare terra, i caricatori continueranno a caricare la terra smossa nelle casse delle carrette, e le varie squadre di conduttori, trascinando innanzi da un estremo all'altro del ricambio che devono percorrere una carretta piena e conducendone indietro una vuota, faranno passare le terre caricate sui veicoli dal sito di sterro al luogo d'interro. Così procedendo, se vuolsi che i caricatori siano continuamente in condizione da poter lavorare, è necessario, analogamente a quanto si disse parlando dei trasporti con carriuole, avere per ogni cantiere tante carrette quante sono le squadre dei conduttori, più una.

Si può anche fare in modo che ciascuna squadra di conduttori prenda la carretta piena al luogo di carico, che la conduca direttamente al sito di scarico, e che quindi vuota la riconduca nuovamente ad essere caricata per prenderne immediatamente un'altra piena. Con questo procedimento è anche necessario avere per ogni cantiere tante carrette a mano quante sono le squadre dei conduttori, più una, ossia tante quanti sono i ricambi corrispondenti all'uso delle carrette, più una; e, per avere un lavoro ordinato, si deve fare in modo che i veicoli si trovino sempre a distanza di due ricambi l'uno dall'altro. Conviene però osservare che questo metodo è meno vantaggioso del primo, perchè le carrette cariche che vanno a scaricarsi incontreranno quelle che ritornano vuote, e se non si vogliono intoppi che rendano irregolare il lavoro, sarà necessario una via talmente larga da essere facile e comodo il passaggio sì delle une che delle altre.

Il sistema poi di fare in modo che gli stessi operai applicati a trascinare la carretta a mano debbano essere contemporaneamente smovitori, caricatori e conduttori, per molti riguardi è da riputarsi come nocivo alla regolarità ed all'economica esecuzione degli sterri e dei trasporti. Le cause di perditempo sono assai più numerose operando con questo metodo che non con uno dei due metodi sopra esposti, e ad ogni istante si incontrano ostacoli al luogo di scavo e di caricamento, lungo le vie su cui ha luogo il trasporto ed al sito di scarico.

Le rampe da lasciarsi nell'esecuzione degli scavi e dei rilevati per portarsi a punti di diverso livello devono, per quanto è possibile, avere la pendenza di 1/12, e con ogni cura bisogna fare in modo che tanto le vie orizzontali quanto quelle in pendenza siano ben mantenute, per guisa che in qualsiasi circostanza di luogo e di tempo non risulti facile lo sdrucciolamento dei conduttori, nè troppo difficile la condotta dei veicoli carichi.

26. **Trasporto degli sterri con carrette a cavalli.** — Le carrette a cavalli tornano più economiche delle carriuole e delle carrette a mano tuttavolta che occorre di trasportare degli sterri a distanze un po' considerevoli; ed il volume di cui si può caricare una di tali carrette, i tempi impiegati a caricarla ed a scaricarla, la velocità dei cavalli sia quando il veicolo è pieno sia quando è vuoto, sono gli elementi ed i dati pratici che è necessario di accertare onde stabilire in qual modo sia possibile di economicamente servirsi dell'indicato mezzo di trasporto.

Un caricatore difficilmente arriva a caricare su una carretta a

cavalli in 10 ore di lavoro 15 metri cubi di terra da un sol uomo, e sembra conforme a risultati di numerose osservazioni di fissare mediamente questa cifra a metri cubi 12. Segue da ciò che indicando con v la capacità di una carretta e con t_1 il numero delle ore impiegate da un sol uomo a caricarla, per essere i tempi impiegati nel carico proporzionali ai volumi caricati, si avrà

$$t_1=\frac{10v}{12}=\frac{5v}{6}.$$

Se invece si troveranno applicati al carico n caricatori, il tempo t_n impiegato ad ultimare il lavoro dovrà diminuire, e si avrà

$$t_n=\frac{5v}{6n} \qquad (1).$$

Applicando questa semplicissima formola al caso di una carretta della capacità di metri cubi 0,800 e nelle tre diverse circostanze di uno, di due e di tre caricatori, si troveranno i tre tempi t_1, t_2 e t_3 espressi da

$$t_1=40' \qquad t_2=20' \qquad t_3=13'\,20''.$$

Il numero n non deve essere maggiore di 3, perchè altrimenti i caricatori si generebbero vicendevolmente.

I cavalli attaccati a carrette percorrono mediamente su una via orizzontale o quasi orizzontale, coi veicoli carichi da 45 a 50 metri per ogni minuto primo, e coi veicoli vuoti da 60 a 67 metri nel medesimo tempo. Segue da ciò che, a motivo della proporzionalità degli spazi percorsi ai tempi impiegati nel percorrerli, le carrette trascinate da cavalli possono andare cariche ad una distanza di 30 metri in un intervallo di tempo compreso fra 42 e 36 minuti secondi, e retrocedere scariche impiegando dai 30 a 27 minuti secondi; e che conseguentemente si può fissare fra 72 e 63 minuti secondi il tempo che alle medesime occorre per fare nell'andata e nel ritorno un ricambio di 30 metri.

Il tempo necessario allo scarico di una carretta ed a porla nuovamente in movimento varia fra 2 e 3 minuti primi secondo le sue dimensioni.

Chiamando:

m il numero dei ricambi (di 30 metri su un terreno orizzontale o quasi orizzontale e di 20 metri su un terreno in pendenza) rappresentante la distanza del trasporto e

T il numero delle ore occorrenti pel carico, per l'andata all'interro, per lo scarico e pel ritorno al sito di caricamento,
e ponendo che occorrano 72 minuti secondi per percorrere un ricambio tra andata e ritorno e 2 minuti primi per scaricare una carretta, ed osservando finalmente che 72 minuti secondi equivalgano a ore 0,02, e che 2 minuti primi non sono altro che ore 0,033, si ha la formola

$$T = 0{,}02\, m + 0{,}033 \qquad (2).$$

Nei trasporti delle terre si impiegano ordinariamente le carrette ad un sol cavallo, finchè la capacità delle loro casse è di circa metri cubi 0,500, e soventi anche quando arriva a metri cubi 0,800; Quando però, anche coll'ultima indicata capacità, si devono superare delle lunghe e frequenti rampe, e quando si vogliono adoperare delle carrette contenenti più di 1 metro cubo, si rende indispensabile l'impiego di due o più cavalli.

27. **Ordinamento di un cantiere di sterro coll'impiego delle carrette a cavalli nei trasporti.** — Trovato il numero dei ricambi di cui si compone l'intera distanza di trasporto in conformità delle regole date ai numeri 19, 20 e 21, conosciuta la capacità delle carrette che si vogliono impiegare, e fissato il numero degli uomini che si vogliono applicare al caricamento (che generalmente non suol mai essere più di 3, compreso il conduttore), si calcolino colle formole (1) e (2) del numero precedente, e nell'ipotesi di $n = 3$ i valori di t_3 e di T. Se $T = t_3$ si porranno per ogni squadra di caricatori due carrette, una delle quali sarà in viaggio mentre l'altra si trova sottoposta al carico, se $T = 2\,t_3$ si porranno per ogni squadra di caricatori tre carrette ed in generale, se $T = p t_3$ si porranno per ogni squadra di caricatori $p+1$ carrette, le quali dovranno andare dallo sterro all'interro con tal ordine da trovarsi sempre nel luogo di carico una carretta piena e pronta alla partenza all'istante in cui arriva una carretta vuota dal luogo di scarico. La stessa disposizione si deve adottare secondo che trovasi T superiore a t_3, a $2t_3$,...... a pt_3. Quando risulta T notevolmente maggiore di t_3, di $2\,t_3$,...... di pt_3, torna talvolta vantaggioso di osservare se alle volte non si può ottenere maggior regolarità ponendo due soli uomini al carico, di cui uno sarà sempre il conduttore. Perciò si calcolino colla formola (1) il valore di t_2, e posto che, confrontando T con t_2, risulti T eguale o di poco superiore a t_2, oppure T eguale o di poco superiore a $2\,t_2$......, o in generale T eguale o molto prossimo a $p t_2$, si dirà esservi convenienza applicare due uomini

al carico delle carrette, e doversi porre due o tre...... o $p + 1$ carrette per ogni squadra di caricatori. Talvolta si applica al carico il solo conduttore, il quale generalmente in tale circostanza disimpegna anche le funzioni di smovitore.

Le vie di servizio devono essere mantenute in buon stato e con sufficiente larghezza al passaggio di due carrette che marciano in contrario senso: quelle che sono necessarie per prendere le terre provenienti dalle parti più basse degli scavi, e quelle che talora occorrono per innalzarsi alle parti elevate dei rilevati, la cui pendenza si è stabilita di 1/12 parlando delle carriuole e delle carrette a mano, si stimano da molti pratici troppo rapide pei cavalli, e si consiglia invece di adottare pendenze non eccedenti di molto quelle di 1/20.

28. **Innalzamento degli sterri colla burbera.** — I trasporti colla burbera si sogliono eseguire allorquando è necessario di innalzare le materie provenienti da sterri ad un'altezza considerevole, e quando ragioni di luogo e di economia s'oppongono alla costruzione di rampe convenienti al paleggiamento ed adatte all'impiego delle carriuole.

Affinchè il lavoro fatto col burbera risulti ben ordinato è necessario applicarvi cinque operai: uno per riempire le ceste o le casse, due per girare le manovelle e due altri per staccare, per versare e per mettere nuovamente a sito le ceste o le casse vuote. I due operai applicati alle manovelle non possono durare vantaggiosamente in questo genere di lavoro più di un'ora e, se vuolsi che il lavoro continui per 10 ore senza interruzione, conviene a ogni ora cangiare di posto i quattro operai applicati alla manovella ed allo scarico.

Per una burbera con disposizione e colle dimensioni indicate al numero 12 si verificano sperimentalmente i seguenti dati: il moto ascensionale della cassa piena, il quale al principio dell'innalzamento non è uniforme, ben tosto diviene tale da essere di 5 metri o prossimamente di tre ricambi verticali per ogni 20 minuti secondi; sono pure necessari 20 minuti secondi per istaccare una cassa vuota e per appendere alla fune una cassa piena, ed occorrono 25 minuti secondi dall'istante in cui la macchina viene arrestata per scaricare la cassa piena a quello in cui viene nuovamente messa in movimento.

Appena arriva al fondo dello scavo una cassa vuota, l'operatore che disimpegna le funzioni di caricatore stacca dalla fune della burbera questa cassa, ne attacca una piena ed immediatamente dà

principio al riempimento della cassa vuota che ha staccato. I due operatori che si trovano al sito in cui devono essere versate le terre innalzate, e che devono disimpegnare le funzioni di scaricatori, si vedono dinanzi una cassa piena nell'istante medesimo in cui arriva la cassa vuota al fondo dello scavo e, appena è cessato il movimento della macchina, danno mano a staccare questa cassa, la vuotano e nuovamente la collocano a sito per essere discesa. Siccome gli scaricatori impiegano 25 minuti secondi per fare la descritta operazione e 20 il caricatore per fare l'operazione corrispondente, ne risulta che all'istante in cui ricomincia il movimento della burbera questo si trova occupato nel carico già da 5 minuti secondi e, occorrendo 80 minuti secondi per riempire di terra ad un uomo una cassa della capacità di metri cubi 0,033, dopo 75 minuti secondi di movimento della burbera avrà caricato la cassa e sarà pronto a porla in posizione da essere sollevata. Ora chiamando x la quantità di cui si innalza la cassa piena e si abbassa la cassa vuota in 75 minuti secondi, per essere gli spazi proporzionali ai tempi in cui vengono descritti, si ha

$$x = \frac{5 \times 75}{20} = 18{,}75,$$

ossia che la profondità dello scavo deve essere di metri 18,75, affinchè il caricatore non rimanga mai inoperoso. Se detta profondità dello scavo è minore di quanto si è trovato, un solo caricatore non sarebbe sufficiente per caricare tanta terra da poter mantenere continuamente in azione la macchina; e se invece è maggiore, il caricatore non avrà lavoro continuo e potrà anche operare in qualità di smovitore.

Soventi, principalmente per sollevare le terre provenienti da scavi di limitate dimensioni, invece della burbera che permette la discesa di una cassa vuota mentre sale una cassa piena, si fa uso d'un verricello che girando in un senso serva ad innalzare una cassa piena, e che girando in senso contrario serva ad abbassare una cassa vuota. Per mettere in azione questa macchina possono bastare tre uomini; uno per riempire le casse vuote e gli altri due per girare la manovella, staccare e vuotare le casse piene. I tempi occorrenti al riempimento ed al versamento delle casse, non che quello necessario al sollevamento di una cassa piena, sono come venne indicato più sopra, finchè le principali dimensioni del verricello non si scostano da quelle state indicate al numero 12; il tempo

poi per la discesa di una cassa vuota alla profondità di 5 metri è di 15 secondi.

Ritenendo che occorrano mediamente 40 minuti secondi per la salita e per la discesa di 5 metri, il tempo occorrente per riempire una cassa, che è di 80 minuti secondi, sarà totalmente consumato nell'innalzamento di una cassa piena, nel suo versamento e nella sua discesa, quando la profondità del luogo di carico sotto quello di scarico sia quella che può essere percorsa nel intervallo di $80'' - 25'' = 55$ minuti secondi, e che, chiamandola x', si ottiene ponendo

$$x' = \frac{5 \times 55}{40} = 6{,}87,$$

ossia che la profondità dello scavo deve essere di circa 7 metri, affinchè un solo caricatore abbia lavoro continuo. Se questa profondità è minore, occorreranno due caricatori; e se invece è maggiore il caricatore potrà, negli intervalli di tempo che gli rimangono, lavorare come smovitore.

Quanto si è detto sull'uso della burbera e del verricello per lo innalzamento delle materie provenienti da uno sterro, suppone che le materie sterrate vengano caricate a pochissima distanza dal sito in cui arrivano le casse vuote al fondo dello scavo e che vengono scaricate a brevissima distanza dal luogo fino al quale vengono innalzate dalla macchina. Generalmente però nè l'una nè l'altra di queste condizioni sono soddisfatte, ed il materiale sterrato deve percorrere un certo cammino orizzontale prima di trovarsi al punto di essere innalzato, e, compiuto l'innalzamento, deve essere orizzontalmente trasportato prima di arrivare al rialzo. Risulta da tutto questo che nei trasporti colla burbera e col verricello occorrono generalmente, oltre gli operai necessari a caricare ed a scaricare le casse, ed oltre quelli destinati a porre in movimento la macchina, altri operai in qualità di smovitori, di paleggiatori e di carriuolanti, ed è disponendo tutti gli indicati operai in una proporzione tale che rimangano inoperosi pel minor tempo possibile, che si può sperare di avere dei risultamenti abbastanza vantaggiosi.

Grandi sterri a cielo scoperto.

29. Mezzi generalmente impiegati nell'esecuzione dei grandi sterri. — Nell'esecuzione di voluminosi sterri si impiegano d'ordinario gli stessi mezzi di cui si è tenuto parola ai numeri 10 e 11 per

quanto concerne la smovitura delle terre e lo spezzamento delle rocce, ed è soltanto nei mezzi di trasporto che si riscontra una notevole diversità. Le materie smosse e staccate dal luogo di loro giacitura si pongono in vagoni, che per vie in ferro si fanno venire, mediante l'impiego della forza motrice dell'uomo o del cavallo, al sito di scarico, e soventi si ha ricorso all'uso di macchine locomotive per trasportare su strade ferrate provvisorie terre e pietre, come si trasportano su strade definitive viaggiatori e merci.

I vagoni destinati ad essere mossi da uomini prendono il nome di *vagonetti*. Questi piccoli veicoli, che devono essere piuttosto leggieri e non passare il peso di 100 a 150 chilogrammi, sono formati d'una cassa in legno, d'un timone avente una traversa a cui si applica la forza di due uomini destinati a tirare l'apparecchio, e di due guide opposte portanti all'estremo un occhio entro il quale girano il perno che porta una coppia di ruote in ghisa. La capacità di questi vagonetti è di circa metri cubi 0,280; ed il loro scarico si effettua levando la sponda estrema che è amovibile a guisa di saracinesca ed innalzando il timone.

Si usano anche dei vagonetti a quattro ruote che non vengono tirati ma spinti da uomini. Questi vagonetti constano di una cassa la cui capacità non supera di molto metri cubi 0,250, fissata ad un'intelaiatura la quale appoggia alle due sale che portano due coppie di ruote in ghisa e tenute a giusta distanza da due guide opposte. La cassa può bilicare sulla sala anteriore, e lo scaricamento delle terre, sempre assai facile, diventa della massima speditezza col dare all'apparecchio che serve a tener chiusa la parete mobile una disposizione tale che l'abbassarsi del vagonetto dalla sua parte anteriore faccia istantaneamente venire la detta parete sul prolungamento del fondo della cassa. Nell'intento di ottenere che le terre vengano gettate ad una certa distanza si pratica nel sito in cui vuolsi fare il versamento un'incavatura nella quale vengono a cadere le due ruote anteriori del vagonetto da scaricarsi.

I vagoni che devono essere messi in movimento da cavalli o da macchine locomotive hanno dimensioni notevolmente maggiori di quelle dei vagonetti di cui si è tenuto parola. Gli Inglesi furono i primi ad impiegare i vagoni nei trasporti dei materiali ricavati da grandi sterri, e prima di ogni altro idearono il vagone a bilico. Questo vagone consta di una cassa lunga circa metri 2,50 nella sua apertura superiore e da 2,10 a 2 metri al fondo, alta da 40 a 50 centimetri e larga da metri 1,50 a 2 metri. Questa cassa è sostenuta da un perno e da una traversina, e tanto i cuscinetti di

questo perno quanto detta traversina appoggiano su un'intelaiatura alla quale sono annesse le guide entro cui girano le due sale che portano quattro ruote di ghisa. La cassa si mantiene nella sua posizione orizzontale mediante ganci con cui una seconda traversina invariabilmente annessa al fondo della cassa si mantiene in contatto della prima. Si opera poi lo scarico delle materie poste sul vagone, slacciando i detti ganci e sollevando la cassa di quel poco che è necessario per far venire a sinistra del bilico il centro di gravità del peso totale della cassa e del carico che in essa si trova. Allora la cassa continua a rovesciarsi da sè fino a battere contro le facce inclinate delle due longarine superiori dell'intelaiatura con aprimento della parete posteriore, la quale si porta nel prolungamento del fondo della cassa. Nell'atto del versamento il fondo della cassa viene a disporsi sotto un angolo di circa 45°, l'altezza complessiva delle due traversine suol essere di 40 centimetri ed altrettanto quella dell'intelaiatura; le ruote hanno ordinariamente il diametro di 50 centimetri, la distanza da asse ad asse delle due sale si suol porre di 90 centimetri, e non deve esser più di metri 1,60 la totale altezza del vagone. La capacità dei vagoni a bilico era ordinariamente di metri cubi 1,700 a 2,300.

I vagoni a bilico or ora descritti sono quasi abbandonati nei moderni cantieri di sterro, e sono invece adoperati i piccoli ed i grandi vagoni inglesi a bilico sulla sala di due ruote compagne. Un piccolo vagone, che ha la capacità di metri cubi 1,500 a 2, consta: di una cassa lunga da metri 1,92 a 2, larga da 1,30 a 1,40 metri, ed alta da metri 0,65 a 0,72; di un'intelaiatura che sostiene il fondo di detta cassa; di quattro ruote in ghisa del diametro di circa 75 centimetri e accoppiate su due sale tenute a giusta distanza da opportune guide. L'intelaiatura e la cassa sovrastante possono essere poste a bilico sulla sala situata dalla parte verso la quale si deve fare il versamento delle sostanze trasportate. — La diversità che esiste fra un piccolo ed un grande vagone a bilico sulla sala, posta dalla parte per cui si fa lo scarico, sta essenzialmente nelle dimensioni della cassa, la quale, per acquistare una maggiore larghezza, deve presentare una certa sporgenza sulle ruote. Nei grandi vagoni a bilico sulla sala portante una coppia di ruote la cassa è generalmente lunga metri 2,07, alta metri 0,92, larga 1,60 e capace di metri cubi 3,200.

Si adoperano anche i vagoni belghi, della capacità di circa metri cubi 3,300, colla cassa non girevole su una sala come nei vagoni inglesi, ma girevole invece su due assi disposti in modo da

potersi a volontà versare il contenuto nella cassa al d'innanzi o su un lato.

I vagoni a quattro ruote, di cui si è tenuto discorso, non sono i soli impiegati nell'effettuare i trasporti di grandi sterri; molte sono le disposizioni già state impiegate, e forse altre nuove verranno suggerite dall'esperienza, la quale ha messo in evidenza doversi adempiere alle seguenti condizioni:

1° Evitare che il bordo superiore della cassa sia ad un'altezza maggiore di metri 1,60 al di sopra del piano delle rotaie, affinchè i caricatori possano lavorare senza troppa fatica;

2° Fare in modo che la cassa versi il materiale in essa contenuto sotto un angolo assai grande, affinchè anche le terre umide e pastose possano cadere facilmente in seguito al rovesciamento;

3° Procurare, per quanto è possibile, di ripartire uniformemente il peso sulle quattro ruote;

4° Porre il bilico in posizione tale che la verticale passante pel centro di gravità della cassa carica cada dalla parte per cui non si fa lo scarico, ma a piccola distanza dal bilico medesimo;

5° Dare alle ruote un diametro tale che facilmente possano passare al disopra delle pietruzze e degli ostacoli che sovente incontrano al loro passaggio sulle ruotaie e che non riesca difficile di porle in movimento;

6° Fare in modo che all'istante del rovesciamento della cassa le materie in essa contenute siano gettate a qualche distanza dal vagone.

Nell'esecuzione di grandi sterri con trasporto a vagoni avviene sovente il caso di dover portare le materie sterrate nei vagoni mediante carriuole. Per quest'operazione torna utilissimo l'impiego di carriuole generalmente usate in Inghilterra, in cui la cassa è tutta posta al di sopra delle stanghe, ed ha quattro pareti inclinate in modo da lasciare l'interna capacità a guisa di tronco di piramide a base quadrilatera colla base minore in basso.

30. **Generalità sull'esecuzione di grandi sterri a cielo scoperto.** — L'esecuzione dei grandi sterri, facendo il trasporto con vagoni, risulta sempre opera grandemente complessa, e che presenta delle serie difficoltà per giungere a stabilire la perfetta armonia fra la smovitura, il carico, il trasporto e lo scarico in modo che gli operai abbiano da perdere il minor tempo possibile. Nelle circostanze in cui le materie ricavate da uno sterro devono essere impiegate per eseguire un rilevato, risulta assai difficile di poter fare in modo che smovitori, caricatori e scaricatori abbiano lavoro continuo

operando per sola compensazione, e l'esperienza si è pronunciata in favore dell'applicazione simultanea dei tre metodi di compensazione, di deposito e d'imprestito. Il lavoro degli smovitori dovrà essere continuato; i caricatori opereranno per deposito quando non trovansi vagoni allo scavo; e gli operai applicati alla formazione del rilevato lavoreranno per imprestito negli intervalli che passano fra la partenza dei vagoni vuoti e l'arrivo dei vagoni carichi.

Supponendo che abbiasi da eseguire uno sterro longitudinale e piuttosto profondo, si incomincia generalmente l'operazione praticando uel suo mezzo e nel senso della sua lunghezza uno scavo detto *cunetta* alto non più di 6 metri, con larghezza conveniente a quella dei vagoni di trasporto che in esso si devono far venire, col fondo avente presso a poco la pendenza del 3 per 1000 verso l'estremità aperta e colle pareti verticali o quasi verticali se trattasi di scavare sostanze rocciose e bene compatte non soggette a scoscendimenti, convenientemente inclinate se è quistione di terre con poca coesione e facili ad avvallarsi. Nell'aprimento della cunetta si adoperano da principio le carriuole o le carrette a mano o le carrette a cavalli per esportare le materie scavate, e quando la cunetta ha raggiunta una certa luughezza si stabilisce sul suo fondo una via in ferro che si prolunga fino al luogo di scarico. Questa via nella cunetta ha naturalmente la stessa pendenza del fondo, e fuori ha una pendenza che dipende dalla distanza e dall'altezza a cui trovasi il sito di scarico.

Una volta stabilita la via ferrata, si mettono su essa i vagoni, si tirano nella cunetta e si caricano col materiale smosso da diversi operai che lavorano sia lateralmente per ingrandire la trincea, sia all'estremità per allungare la cunetta. Le materie smosse si caricano sui vagoni per paleggiamenti quando trovansi a piccola distanza dai medesimi, e si caricano invece facendo uso di carriuole quando il paleggiamento non è sufficiente. Per porre il minor imbarazzo possibile nel progresso del lavoro, conviene che i vagoni operino il trasporto per convogli, che siavi un convoglio al luogo di carico ed un altro al luogo di scarico e che la via ferrata abbia gli opportuni sviatoi onde schivare l'incontro dei vagoni che avanzano in contrario senso.

Se lo scavo da eseguirsi è molto largo, si possono praticare diverse cunette a conveniente distanza l'una dall'altra, e stabilire tante vie ferrate, cogli opportuni sviatoi, e tante coppie di convogli quante sono le cunette.

Soventi, principalmente nell'esecuzione di trincee per strade e

nello scavo di canali, si usa di aprire la cunetta in modo che sia un po' a dritta o a sinistra dell'asse dello scavo, e di praticare quindi un taglio alla sua sinistra o alla sua diritta e di stabilirvi un nuovo binario di rotaie cogli opportuni sviatoi per accelerare l'operazione dello scavo, il quale per tale disposizione si rende attaccabile in due siti della sua larghezza.

Le sorgenti che talora s'incontrano nell'esecuzione di grandi sterri e le filtrazioni che soventi si manifestano lungo le pareti dei tagli eseguiti sono d'ostacolo al regolare proseguimento delle grandi escavazioni allora quando si lasciano vagare senza direzione, e sempre torna vantaggioso un fosso rivestito e coperto con tavole, affinchè non si ostruisca facilmente, scavato in posizione tale da poter raccogliere ed esportare sia le acque derivanti da sorgenti, sia quelle che gemono dalle pareti dei tagli.

Nei terreni argillosi non bisogna aspettare che la cunetta sia aperta in una gran lunghezza per abbattere i massi laterali e per scoprire le scarpe definitive. In tale circostanza, ad imitazione di quanto fece l'ingegnere Masson sulla strada di Mulhouse alle trincee di Chaume, di Chifflard e di Montesson, si può sopprimere la cunetta ed eseguire lo sterro per tagli variabili a partire dal suolo naturale, in modo da arrivare successivamente ai diversi strati argillosi, e formando le scarpe a misura che il taglio si approfonda. Con tal mezzo si raggiunge il fondo dell'escavazione con un prosciugamento quasi completo.

Quando l'altezza dell'escavazione è maggiore di 6 metri, si pratica, come sopra venne detto, un primo scavo per la metà dell'altezza, e quindi si dà mano ad un altro scavo per la rimanente metà. Il secondo scavo si incomincia quando il primo è già un po' avanzato, ed allora il complesso del lavoro si presenta come formato di due cantieri d'escavazione posti a diverso livello che inviano le materie sterrate ad un medesimo deposito. La distanza che esiste fra gli indicati due luoghi di escavazione non è mai così grande da poter conservare egual pendenza a tutte le vie che dagli scavi vanno al sito di scarico, e quasi sempre è necessità di far discendere per rapide chine i vagoni che dal piano che precede lo scavo superiore devono portarsi a quello che sta fra lo scavo inferiore ed il luogo di scarico.

La stessa circostanza delle rapide chine si presenta tuttavolta che lo scarico dei vagoni viene operato a due diverse altezze. Allorquando la pendenza di queste vie è maggiore del 2 per 100 si possono far salire, col sistema dei piani automotori, i vagoni

vuoti mediante i vagoni pieni che discendono, ed evitare così la spesa di un motore. Osservando però che la costruzione e sopratutto la conservazione di questi piani costa molto, che bisogna interrompere il servizio per ripararli, che possono occasionare dei frequenti e funesti accidenti, si preferisce generalmente di non eccedere le pendenze del 7 al 8 per 1000 sulle vie per cui devono passare i vagoni. Con questa pendenza i vagoni pieni discendono per la sola impulsione della gravità, ed i vagoni vuoti vengono tirati all'insù mediante cavalli.

Sulla strada di Strasbourg sonosi aperte numerose trincee mediante vagoni, ed il servizio venne sempre fatto con cavalli anche su pendenze maggiori dell'8 per 1000. — In parecchie circostanze, come nella escavazione della trincea di Chamarande, presso Chaumont, sulla strada di Blesmes a Gray, in cui si trattava di innalzare gli sterri ad una certa altezza, si ebbe ricorso all'impiego dei piani inclinati sui quali venne eseguito il trasporto col mezzo di macchine a vapore fisse. — Le locomotive vennero anche impiegate ben di soventi per trasporti di grandi sterri su vie con lievi pendenze, e basti di citare l'aprimento delle trincee sulle coste di Villarboit tra le vallate del Cervo e della Roasenda per eseguire la gigantesca costruzione del canale Cavour.

Nell'intento di rendere più chiare le generalità esposte relativamente all'esecuzione dei grandi sterri, si esporranno nei due numeri che immediatamente seguono le disposizioni da adottarsi nell'aprimento di due diverse trincee, la prima con altezza minore e la seconda con altezza maggiore di 6 metri; si esporranno dopo alcune disposizioni speciali alle quali si ebbe ricorso in alcune circostanze; si terrà parola dei metodi di scarico, e finalmente si darà un breve cenno dei principali mezzi meccanici messi ad esperimento in alcuni grandiosi cantieri.

31. Aprimento di una trincea la cui altezza massima non supera 6 metri. — La figura 17, mediante una proiezione orizzontale e mediante una sezione verticale passante per l'asse XY della trincea, dà un'idea del modo con cui va condotto il lavoro. Si apre innanzi tutto la cunetta A posta col suo asse un po' a diritta di quello della trincea, paleggiando le materie smosse sui bordi dell'escavazione eseguita o meglio esportandole con carriuole o con carrette a mano o con carrette a cavalli, e procurando di assegnare al fondo della cunetta una pendenza del 3 per 1000 verso l'estremità aperta. Su detto fondo si stabilisce un binario di rotaie, e si estende da *e* in *k* fino al sito di scarico.

Allora è possibile di far venire alcuni vagoni nella cunetta, di caricarli colle materie che talvolta all'atto della sua escavazione vengono paleggiate sui bordi o con quelle altre provenienti da un taglio laterale, di inviarli al sito di scarico, di trainarli nuovamente nella cunetta e di continuare così finchè il taglio B abbia raggiunta una conveniente lunghezza ed una larghezza bastante allo stabilimento di un nuovo binario da estendersi da *l* in *m* parallelamente ad *ek* e da raccordarsi con quest'ultimo mediante i binari obliqui *gf*, *qr*, *ts* ed *hi*.

In grazia dei quattro binari obliqui che riuniscono le due linee provvisorie principali *ek* ed *lm*, si possono mantenere in attività quattro convogli; il carico può essere simultaneamente operato in *e* ed in *l*, e lo scarico si può fare nel medesimo tempo alle due estremità *k* ed *m*.

Affinchè il lavoro proceda regolarmente e col minore perditempo possibile, si devono combinare le cose in modo che la partenza di due convogli pieni non abbia luogo nel medesimo istante, e che le due parti di sterro C e D siano a piccola distanza l'una dall'altra; allora gli operai caricatori, per non restare disoccupati quando parte uno dei convogli, si portano a caricare l'altro convoglio.

Allorquando la cunetta ed il taglio laterale sono avanzati per una certa lunghezza si abbattono i massi laterali in modo da completare l'aprimento della trincea su tutta la sua larghezza, e le materie derivanti da tali abbattimenti si portano mediante carriuole ai vagoni che trovansi sulle due vie provvisorie che, mediante la posatura di nuove rotaie, si allungano di mano in mano che l'escavazione progredisce.

32. **Aprimento di una trincea con profondità maggiore di 6 metri**. — Nello scavo delle trincee molto profonde si dà alla cunetta A (*fig.* 18) solamente una parte della totale profondità, e le terre che vengono caricate su vagoni posti al fondo di detta cunetta si fanno venire fino alla cresta del rilevato passando per una via inclinata *ef*, e quando il rilevato ha una grande altezza si forma in due strati scaricando le materie che vengono dallo sterro a due diverse altezze. Al principio dell'operazione si incomincia a fare una parte M del rilevato, e su ciascuna delle sue due scarpe si dispone un binario su cui devono passare i vagoni destinati a portare il materiale da impiegarsi nella formazione dello strato inferiore N.

Essendo arrivata la cunetta A ad una certa distanza dalla sua

estremità aperta, ed essendo tolta una parte dei massi laterali in guisa da trovarsi totalmente scoperta la parte inferiore B della trincea per tutta la sua larghezza e per una certa lunghezza, si scava in questa parte inferiore una cunetta, indicata sulla proiezione orizzontale in C, che raggiunga il fondo della trincea. Questa seconda cunetta è il principio dell'escavazione del masso inferiore B, e serve a ricevere i vagoni destinati ad esportare le terre che vengono dall'abbattimento dei massi laterali.

Stabiliti i binari, come chiaramente appare dalla proiezione orizzontale, il lavoro trovasi al completo stato di attività; lo scavamento della trincea ha luogo in due siti e lo scarico si fa agli estremi P e Q per formare lo strato superiore del rilevato, agli estremi R, S, T ed U per formare lo strato inferiore. Di mano in mano che procede l'escavazione della trincea e la formazione del rialzo conviene allungare alle due estremità i diversi binari costituenti la via ferrata provvisoria in cui passano i vagoni, e bisogna lasciar sussistere il masso che sostiene la via inclinata *ef*, che serve a discendere le terre del taglio superiore finchè questo taglio sia totalmente eseguito. — La regolarità del lavoro esige che i due punti d'attacco della trincea si trovino quasi permanentemente a egual distanza l'uno dall'altro, e che in tempi eguali si allunghino di eguali quantità tanto lo strato superiore quanto lo strato inferiore del rilevato.

33. **Cenno sulle disposizioni adottate nell'aprimento di alcune grandi trincee** — Nella figura 20 è rappresentata una sezione trasversale dei lavori eseguiti alla trincea di Clamart sulla strada di Versailles, in cui occorreva uno sterro del volume di circa 400000 metri cubi. Scavata la cunetta A paleggiando lateralmente le terre smosse, si tolsero per una certa lunghezza le terre in B ed in C caricandole su vagoni fatti venire in detta cunetta; indi si aperse la cunetta D, e facendo anche in questa venire dei vagoni, si tolsero le terre in E ed in F. Il rilevato che precedeva la trincea venne fatto in due strati, e si fece uso di due piani automotori: uno posto nella trincea per discendere le terre scavate da A, da B e da C fino al livello superiore del rilevato, e l'altro sul rilevato medesimo per discendere le terre da impiegarsi nella formazione dello strato inferiore.

Le trincee si attaccano generalmente alle due estremità; quando però è quistione di terminare l'opera in un breve lasso di tempo, si può anche ricorrere al partito di attaccare una trincea in più punti, del qual modo di procedere si ha un bellissimo esempio nella trincea di Pont-sur-Yonne sulla strada di Lione, presentante

la profondità massima di 20 metri ed uno sterro del volume di circa 470000 metri cubi. La figura 21 rappresenta un taglio longitudinale dell'indicata trincea; la linea *abc* rappresenta il profilo del fondo, e la linea *adc* separa l'una dall'altra le due parti secondo le quali si effettuò l'escavazione. Il lavoro di scavo fu attaccato in cinque punti, *e*, *d*, *f*, *g* e *c*. Le terre provenienti dallo scavo fra *e* e *d* vennero immediatamente adoperate per la formazione del rilevato A; quelle ricavate dallo scavo superiore fra *f* e *g* furono impiegate in parte per un piccolo rilevato stabile B, in parte per un rilevato provvisorio C, in parte pel rilevato A; e furono anche condotte direttamente in A le terre ricavate dallo scavo inferiore fra *e* ed *f*. Il trasporto delle terre in A venne eseguito su una via ferrata, ed un deposito di terre in eccesso, provenienti dal cantiere *f*, venne eseguito mediante carriuole. — Le terre estratte fra *g* e *c* furono portate al rialzo B, seguendo l'asse della trincea quelle del cantiere *c*, e passando per una via in ferro provvisoria quelle del cantiere *g*. — Il rilevato A fu eseguito in due strati per poter dare alla sua sommità una sufficiente larghezza da poter ricevere quattro binari necessari allo scarico delle terre provenienti dai cantieri *e*, *d* ed *f*; il rilevato B invece, non dovendo ricevere che le terre somministrate dai due cantieri *g* e *c*, si eseguì in un solo strato, e le terre provenienti dagli ultimi due cantieri trovate in eccesso si depositarono facendone il trasporto con vagoni.

Nell'aprimento della trincea di Dockemberg sulla strada di Mulhouse si adottò quasi esclusivamente il sistema di sterro per deposito, e lo scavo venne attaccato in quattordici punti differenti alle due estremità ed in dodici punti intermedi. Come lo indica la figura 19 della tavola II in proiezione orizzontale, mediante direzioni sensibilmente parallele, si è divisa la superficie del terreno in cui doveva aver luogo l'escavazione in nove scompartimenti, e si stabilirono: un cantiere di scavo in ciascuno degli scompartimenti A, B, F, G, H ed I coi rispettivi siti di deposito in *a*, *b*, *f*, *g*, *h* ed i, e due cantieri di scavo in ciascuno degli scompartimenti C, D ed E coi corrispondenti luoghi di deposito in *c* e *c'*, *d* e *d'*, *e* ed *e'*. I trasporti vennero eseguiti mediante vagonetti a quattro ruote.

Sulla strada di Mulhouse alla trincea di Charmoille, le cui terre dovevano essere impiegate nella formazione di un grande rilevato, a motivo dell'altezza dell'escavazione e del rapido pendio nella superficie del suolo naturale, non fu possibile di eseguire il lavoro di scavamento a due diverse altezze, giacchè diventavano impraticabili per l'eccessiva loro pendenza le strade per cui si doveva

effettuare il trasporto, e per rendere spedito il lavoro si ebbe ricorso al seguente curioso spediente. Si praticò una galleria aperta solamente dalla parte del rilevato, e sopra questa si scavò un pozzo. La trincea venne attaccata in basso ed alla sommità: le terre provenienti dalle basse escavazioni, coi metodi ordinari vennero caricate e trasportate su vagoni; e le terre derivanti dagli scavi superiori vennero gettate nel pozzo, il quale, facendo l'ufficio di tramoggia, le portava su vagoni che successivamente venivano posti al di sotto.

34. **Scarico dei vagoni.** — Due sono i mezzi che vengono generalmente messi in pratica per lo scarico dei vagoni impiegati nei trasporti di grandi sterri: o ciascun vagone, dopo il vuotamento, vien deviato per non porre ostacolo a quello che lo segue; oppure viene spinto innanzi su un ponte in legname detto *ponte di scarico*.

Allorquando si applica il primo mezzo di scarico, si opera come segue: all'estremità del rilevato, che si va componendo colle materie scavate e trasportate, si mantiene un piano inclinato e si dispongono alcune traverse contro le quali devono fermarsi le ruote dei veicoli. I vagoni, arrivati a poca distanza dal sito di scarico, si fanno fermare su una via di deposito che sta innanzi al detto piano inclinato; si attacca un cavallo al primo vagone mediante una prolunga terminata per un uncino e combinata alla sua estremità in modo da staccarsi dal vagone quando si tira una corda; si fa partire il cavallo al trotto, e quando è arrivato presso il sito di scarico, si stacca la prolunga tirando la corda; il cavallo si fa venire lateralmente fuori della via seguita dal vagone, si leva nel medesimo tempo l'uncino che fissa la cassa al treno, ed il vagone, bruscamente arrestato dalle traverse, si abbassa dalla parte della scarpa e riversa le materie caricate nella sua cassa; si rimette a posto la cassa scaricata ed il vagone si rimuove dal sito in cui giace affinchè non ponga ostacolo al vuotamento degli altri vagoni, pei quali si procede precisamente come venne detto pel primo. Una volta operato il vuotamento di tutti i vagoni componenti un convoglio, si rimettono sulle rotaie e si fanno venire al sito di scavo per essere nuovamente caricati.

I ponti di scarico che impiegansi nel secondo mezzo di versamento constano in generale di due travi composte parallele rinforzate da fasce in ferro, che fanno seguito alle rotaie della via per cui arrivano i vagoni, e che appoggiano per una delle loro estremità sul rilevato e per l'altra estremità sopra un sostegno il quale è portato da ruote scorrevoli su una via ferrata provvisoria sta-

bilita ai piedi del rialzo. Le terre si scaricano fra le due travi composte, e gli operai stanno su due tavolati laterali sopportati dalle travi medesime. Un ponte di scarico deve aver dimensioni tali da poter sopportare un intiero convoglio di vagoni vuoti; e una volta operato lo scarico si riconduce il convoglio dei vagoni scarichi al luogo di scavo dove nuovamente vengono caricati. A misura che il rilevato avanza, si fa venire innanzi il ponte di scarico, prolungando la piccola via ferrata e distruggendo la parte posteriore che è prossima ad essere coperta dalle terre.

Il metodo di scarico con ponti di servizio risulta più spedito del metodo di scarico all'inglese, e sembra che si possa impiegare con vantaggio nello opere di sterro e d'interro che rapidamente devono essere eseguite; bisogna però avvertire che generalmente richiede una spesa di stabilimento piuttosto considerevole, e che non si può applicare, nè per altezze minori di 3 metri, principalmente sui terreni molto accidentali, nè per altezze maggiori di 10 metri.

35. **Cenno di alcuni importanti procedimenti stati messi in uso nell'esecuzione di grandi sterri a cielo scoperto.** — I vagoni non sono i soli mezzi di trasporto che si impiegano nell'esecuzione di grandi sterri, e si conoscono parecchi procedimenti i quali, convenientemente applicati a seconda delle circostanze, possono condurre a buonissimi risultati, non solo nel trasporto orizzontale, ma anche nell'innalzamento delle terre. I principali fra questi procedimenti sono: quello della *carriuola volante*, quello della *carriuola alla corda*, e quello del *piano inclinato con tela senza fine.*

L'apparecchio di trasporto colla carriuola volante, il quale torna vantaggioso per distanze orizzontali medie non maggiori di 150 a 200 metri e per innalzamenti non superiori ai 3 metri, si compone di un bilanciere sopportato da un solido sostegno con corsa limitata da due gomene di ritegno che vanno ad attaccarsi ad un palo posto in modo da trovarsi il bilanciere fra detto palo e lo scavo, e mantenuto in posizione verticale mediante una fune fissata ad un solido ritegno tenuto fermo nel terreno. Alle estremità del bilanciere sono attaccate due gomene in filo di ferro le quali vanno a terminare all'estremità di un palo fortemente ritenuto in posizione verticale e posto un po' al di là del punto estremo in cui vogliosi depositare le terre. Su ciascuna gomena si trovano disposte delle coppie di carrucole mobili, alle quali si sospendono delle casse che servono a portare le materie sterrate al luogo di scarico. Una coppia di carrucole unitamente alla cassa alla medesima attaccata costituisce ciò che chiamasi una *carriuola*

volante. — A motivo dell'indicata disposizione risulta che per qualunque delle due posizioni estreme del bilanciere, le gomene hanno sempre un'inclinazione inversa e che, per esempio, una carriuola posta sulla gomena superiore dovrà portarsi al luogo di scarico, mentre una carriuola vuota situata sulla gomena inferiore potrà ritornare al luogo di caricamento. Per una posizione inversa del bilanciere una carriuola, caricata mentre era fissa alla gomena inferiore, sarà elevata e portata allo scarico, ed una carriuola vuota ritornerà verso lo scavo. — L'apparecchio, di cui si è tenuto discorso, non può servire per qualsiasi profondità, imperocchè è facile il vedere come a misura che aumenta la profondità dello scavo, restando invariabili le altezze dei pali e del bilanciere, si arriva al momento in cui non è più possibile di caricare e scaricare comodamente le carriuole. Le terre da trasportarsi con carriuole volanti devono provenire da scavi fatti nella direzione delle gomene ed estendentisi a dritta ed a sinistra di queste in modo da risultare facile il caricamento delle carriuole volanti; ed a misura che il lavoro avanza si deve trasportare tutto l'apparecchio onde continuare lo scavo e per corrispondentemente accrescere la lunghezza del rilevato. — Per ottenere un lavoro economico mediante l'apparecchio di cui si è ragionato bisogna porre ogni cura nel disporre gli operai in modo che tutti e per quanto si può abbiano continuamente lavoro; negli sterri comuni possono bastare da otto a dieci operai, e generalmente torna vantaggioso di servirsi di donne e di ragazzi per mettere in movimento il bilanciere.

I trasporti con carriuole alla corda tornano utili quando si devono elevare le materie scavate ad altezza un po' considerevole senza fare loro percorrere un gran cammino orizzontale. Preparata la rampa, sulla quale devono passare le carriuole, con tavoloni sostenuti dal sottostante terreno o da opportuni cavalletti, si pianta alla sua sommità un palo dell'altezza di circa 2 metri, avente al suo estremo superiore una carrucola fissa sulla quale passa una fune fermata per un estremo alle spalle d'un operaio che deve condurre una carriuola vuota al sito di caricamento, e per l'altro estremo alla parte anteriore di una carriuola piena e che si deve far venire alla sommità della rampa. L'operaio che conduce la carriuola vuota si getta innanzi in modo da operare sulla corda per proprio peso la più grande trazione possibile, che si trasmette così al carriuolante che spinge la carriuola carica, ed il quale per quanto gli riesce fattibile deve mantenersi in una posizione normale al piano inclinato, giacchè inclinandosi innanzi verrebbe infallante-

mente a cadere. Allorquando devesi eseguire un considerevole sterro si dispongono parecchie rampe, le quali non devono essere molto lunghe; e quando trattasi di superare una considerevole altezza si costituisce il cantiere con rampe successive che servono a far passare le materie sterrate dallo scavo al rialzo portandole dal piede di ciascuna rampa alla sua sommità col metodo or ora indicato. — Per ottenere un lavoro economico bisogna per ciascun piano inclinato disporre tanti operai in modo che siavi sempre un carriuolante colla carriuola vuota alla sommità pronto a discendere mentre un altro trovasi al piede con una carriuola piena pronto a salire.

Nell'uso della carriuola alla corda si possono anche impiegare dei cavalli per innalzare le carriuole piene, e scemare così la fatica dei carriuolanti con maggior celerità nel lavoro. L'apparecchio che allora conviene impiegare consiste in due rampe costituite da tavole sostenute da robusti cavalletti, alle cui estremità si trovano due tavolati orizzontali contro i quali appoggiano due pali verticali saldamente piantati nel terreno. Ciascuno di questi pali è munito di due puleggie: una si trova alla sommità nel senso dell'asse della rampa; l'altra in basso normalmente a detto asse. Una medesima corda, passando sulle quattro puleggie dei due pali, si attacca da una parte ad una carriuola piena, dall'altra ad una carriuola vuota, e trovasi disposta come segue: dalla carriuola piena va a passare sulla puleggia che trovasi alla sommità del palo corrispondente; discende dopo verticalmente lungo questo palo; passa sulla puleggia inferiore; viene orizzontalmente inviata alla puleggia inferiore dell'altro palo; ed infine, dopo di essere passata sulla puleggia superiore di questo secondo palo va ad attaccarsi alla carriuola vuota che trovasi sulla seconda rampa. Alcuni cavalli, generalmente due o tre, si trovano sulla cresta del rilevato, e, andando da un palo all'altro tirando la corda orizzontalmente ora da dritta a sinistra ed ora da sinistra a dritta, fanno successivamente montare sull'una o sull'altra rampa la carriuola piena. Un carriuolante serve a condurre la carriuola piena dal sito di scarico fino al piede della rampa, a guidarla lungo la rampa medesima, a vuotarla quando è giunta al tavolato orizzontale ed a ricondurla allo scavo per essere nuovamente caricata. Il carriuolante, quando sale guidando la carriuola piena, unitamente al veicolo che ha fra le mani viene tirato all'insù dai cavalli, ed al contrario, quando discende colla carriuola vuota, viene in aiuto ai cavalli mediante l'azione del proprio peso e mediante lo sforzo che può esercitare

sulla carriuola. — In un cantiere di grande sterro si pongono più coppie di rampe come quelle state descritte, e le materie portate mediante le carriuole alla loro sommità, allorquando devono ancora essere trasportate orizzontalmente o quasi orizzontalmente, si versano in carri, in vagonetti o in vagoni, secondo l'entità del lavoro.

Il meccanismo atto al trasporto delle terre e costituente il piano inclinato con tela senza fine può essere combinato come s'indica qui sotto. Si immagini una costruzione costituita da due robuste sponde verticali, disposte a seconda del pendio per cui si vogliono sollevare le terre, formate ciascuna di un egual numero di travi composte lunghe non più di 10 metri, coll'altezza costante di metri 0,75 a 1 metro, e mantenute a distanza di poco maggiore di 1 metro da robuste spranghe in ferro. Ambedue queste sponde si muniscano sulle pareti interne di due file di ferri sporgenti o guide che ripiegandosi verso le estremità formino come due rotaie continue corrispondentisi in modo da essere possibile di far rotare su esse delle rotelle del diametro di 15 a 20 centimetri, riunite due a due da alberi, i quali a loro volta sono rilegati assieme da catene senza fine a distanza di circa metri 1,25 l'uno dall'altro. Sopra ciascuno degli alberi che portano le diverse coppie di rotelle e sopra le catene laterali si immagini saldamente fissata una robusta tela, ma talmente che essa faccia sacco onde poter ricevere un certo volume di terra. Si ottiene l'innalzamento delle terre facendo in modo che le due catene continue rimangano tese, disponendo delle lastre di ritegno per obbligare le rotelle ad appoggiare sulle guide anche nelle parti curvilinee, imprimendo all'apparecchio costituito dalle coppie di rotelle insieme rilegate e dalla tela un moto tale da tirare all'insù la parte che trovasi sulle guide superiori ed all'ingiù la parte posta sulle guide inferiori (1), e caricando le sacche che forma la tela di mano in mano che si presentano all'estremità della macchina posta presso il sito di scavo. Alle estremità, onde fare in modo che la catena, la quale riunisce le diverse coppie di rotelle, rimanga ben tesa, si mettono

(1) La trasmissione del movimento si può fare con un maneggio a cavalli o meglio con una locomobile, comunicandolo alla parte superiore ed alla parte inferiore dell'apparecchio di trasporto mediante due puleggie, le quali, portando sul loro albero una ruota dentata mettano in moto una catena munita a giusti intervalli di pezzi sporgenti che venendo a spingere le diverse rotelle producono il voluto innalzamento. Nei siti in cui le rotelle sono spinte da dette sporgenze bisogna porre delle guide superiori per impedire che la spinta ne produca il sollevamento invece dello scorrimento.

due tamburi inalberati su un asse comune sui quali sono soggette a disporsi le catene medesime.

L'apparecchio, di cui si è tenuto discorso, può anche essere impiegato onde eseguire un trasporto in parte orizzontale ed in parte in rampa. In simile circostanza, in tutti i siti in cui è possibile il sollevamento delle rotelle, bisogna disporre delle guide che energicamente vi si oppongano. Quando poi le terre non devono rimanere al sito in cui vengono versate dalla macchina, bisogna fare in modo che la sua estremità abbia un'altezza tale sul suolo da essere possibile di far venire sotto di essa dei carri o dei vagoni destinati a ricevere le materie versate ed a trasportarle al luogo in cui devono essere depositate. — Di mano in mano che uno scavo si approfonda o che si allunga nel senso della lunghezza del piano inclinato, conviene pure allungare detto piano affinchè risulti facile ed economico il caricamento delle materie sterrate. Quest'allungamento riesce generalmente della massima facilità aggiungendo a ciascuna delle due sponde una o più coppie di travi composte, con cui devono esse risultare composte aggiungendo un numero conveniente di coppie di rotelle, ed allungando in relazione di tale aggiunta le due catene continue e la tela. Talvolta invece di allungare l'apparecchio di trasporto dalla parte verso cui si fa il caricamento si allunga dalla parte in cui deve aver luogo lo scarico. Le travi estreme, presentando quelle speciali disposizioni che sono necessarie al cangiamento di direzione nell'apparecchio di trasporto devono sempre trovarsi alle due estremità, e le travi di allungamento si interpongono generalmente alle estreme ed a quelle che immediatamente le seguono. Se il piano inclinato deve servire all'esecuzione di uno scavo longitudinale e di un rilevato parallelo, conviene disporre sul terreno parecchie rotaie in senso parallelo all'asse dello scavo e del rilevato, in modo da essere possibile il trasporto dell'intiera macchina di mano in mano che avanzano le operazioni di sterro e di interro.

I tre sistemi di trasporto sopra indicati, ossia la carriuola volante, la carriuola alla corda ed il piano inclinato con tela senza fine vennero esperimentati nel taglio dell'istmo di Suez; il primo per scavare uno strato superiore A alla profondità di tre metri e per formare la parte A' del rilevato (*fig.* 22); il secondo per scavare un secondo strato B dell'altezza di 5 metri e per formare il rilevato B'; il terzo per la rimanente profondità, scavando lo strato C e formando il rilevato C'.

ARTICOLO III.

Sterri per pozzi.

36. **Pozzi.** — Si attribuisce il nome di *pozzo* a qualsiasi escavazione fatta verticalmente nell'intento di raggiungere una certa profondità onde ottenere uno scopo determinato. Talvolta si praticano anche dei pozzi con direzione diversa dalla verticale, i quali prendono allora il nome di *pozzi obliqui*.

Le escavazioni per pozzi sono oggidì costruzioni assai frequenti e della massima importanza; servono per raggiungere sorgenti sotterranee e per arrivare a stabilire le fondazioni di edifizi su terreni sodi; rendono possibile l'aprimento di lunghe gallerie indispensabili per la costruzione di vie ferrate in paesi accidentati e montuosi; permettono all'uomo di penetrare nelle viscere della terra e di estrarre le immense ricchezze che la coltivazione delle miniere apporta all'intiera società.

La forma che dal lato della resistenza meglio si addice alla sezione trasversale dei pozzi è la circolare; questa però non è esclusivamente adottata, le forme ovali e rettangolari si veggono soventi adoperate, e le circostanze di località, unitamente allo scopo per cui vengono escavati i pozzi, devono servire di criterio nella scelta della forma di sezione trasversale più vantaggiosa.

La completa escavazione di un pozzo comprende tre distinte operazioni: la smovitura della terra o lo sminuzzamento della roccia in cui vien esso praticato; il sollevamento delle materie smosse o sminuzzate, il rivestimento delle pareti allorquando esiste il benchè minimo pericolo di dannosi scoscendimenti.

37. **Mezzi impiegati nell'esecuzione degli sterri per pozzi.** — I pozzi, o si devono scavare nelle terre, o si devono approfondare nelle rocce: nel primo caso si impiegano i mezzi posti in uso per la smovitura delle terre e di cui si è tenuto discorso al numero 10; nel secondo caso invece si adoperano i mezzi dei quali si è fatto cenno al numero 11, e che servono allo sminuzzamento delle pietre ed all'applicazione delle mine.

Per il sollevamento delle materie provenienti dall'escavazione dei pozzi si impiegano o delle ceste, o delle secchie, o delle casse, o delle tinozze che si innalzano cariche e che si discendono vuote mediante funi avvolgentisi a fusi orizzontalmente disposti e che vengono mossi o da soli uomini, o da cavalli, o anche per azione di una

locomobile. Pei piccoli pozzi il meccanismo di sollevamento si riduce alla burbera o al verricello, di cui si è tenuto discorso al numero 12: pei grandi pozzi che hanno già raggiunta una considerevole profondità e che devono servire a sollevare le materie derivanti da ingenti escavazioni sotterranee, si possono adottare parecchie disposizioni, e per fissare le idee passo ad indicarne alcune, tenendo principalmente di mira i tre casi in cui vuolsi applicare la forza motrice dell'uomo, dei cavalli e del vapore.

La macchina, conosciuta sotto il nome di asse nella ruota, è forse quella che torna più vantaggiosa al sollevamento degli sterri che si devono estrarre da pozzi coll'impiego della sola forza motrice dell'uomo. Il fuso porta verso un suo estremo e normalmente al suo asse, una gran ruota munita di piroli alla sua periferia e mediante due perni piantati nelle sue basi secondo l'asse appoggia a due robusti cavalletti. La fune, talvolta è fissata per un estremo ad un anello infitto nel fuso, tal altra invece è fermata al fuso medesimo nel suo mezzo; colla prima disposizione, la macchina serve ad innalzare una sola cassa piena quando gira per un verso, e ad abbassare una sola cassa vuota quando gira pel verso contrario; colla seconda disposizione invece contemporaneamente sale una cassa piena e discende una cassa vuota. Gli uomini manovrano la macchina di cui si è or ora brevemente parlato, afferrando colle mani i piroli e facendo continuamente l'atto di salire esternamente su per la ruota, la quale è costretta a girare a motivo del momento del peso degli uomini rispetto all'asse del fuso che è anche asse della ruota. — L'esperienza dimostra che l'asse nella ruota a piroli torna vantaggioso, quando la ruota ha un diametro compreso fra 3 e 6 metri, e quando il diametro della ruota è circa 12 volte quello del fuso. I diametri minori di 3 metri danno una macchina di poca efficacia, ed alla quale sono preferibili le burbere (num. 12); i diametri maggiori di 6 metri conducono a macchine eccessivamente voluminose, pesanti, e pigre nell'effetto per la troppa resistenza degli attriti.

Diverse sono le disposizioni che si possono adottare allorquando vuolsi operare l'innalzamento di materiali scavati da pozzi facendo uso della forza motrice di cavalli o di altri animali che al medesimo ufficio si prestano. Una disposizione assai semplice e poco dispendiosa è la seguente: ad un perno verticale di un tamburo di legno con diametro di circa 3 metri si annettano due, tre o quattro braccia della lunghezza di circa 5 metri poste in direzioni facenti fra loro angoli eguali e talmente in alto da potervi attaccare

due, tre o quattro cavalli, che devono comunicare un moto rotatorio al tamburo intorno al suo asse verticale; una fune sia fermata nel suo mezzo a detto tamburo e le sue due parti siano talmente lunghe che, passando su due troclee poste verticalmente sopra il pozzo, bastino a raggiungere la profondità a cui nel pozzo si devono prendere i materiali da innalzarsi; le due parti di detta fune si avvolgano al tamburo in modo che, girando esso, una cassa od una tinozza attaccata ad uno dei due estremi salga piena mentre un'altra, attaccata al secondo estremo, discende vuota. Facendo girare i cavalli nel senso conveniente e fermandoli tutte le volte che giunge alla sommità del pozzo una cassa piena, si ottiene il voluto innalzamento delle materie provenienti dal fondo dell'escavazione, le quali si versano generalmente a poca distanza talvolta in un deposito definitivo e talvolta in un deposito provvisorio. Allorquando le casse o le tinozze piene hanno un peso considerevole, si fanno venire al vicino luogo di versamento o trasportandole su appositi carretti, o facendole scorrere mediante ruote di cui esse stesse si trovano munite al loro fondo.

Anche un cilindro analogo al fuso delle burbere, posto direttamente sopra la bocca del pozzo, può essere messo in moto da un maneggio a cavalli. Una disposizione semplice per raggiungere lo scopo consiste nel munire l'albero verticale, posto sull'asse del maneggio, di una ruota dentata conica destinata a trasmettere un moto rotatorio ad un asse orizzontale, e nel porre un secondo ingranaggio per cui detto asse orizzontale trasmetta l'occorrente movimento al cilindro sul quale si avvolge la fune ai cui estremi si attaccano le casse di trasporto.

Le macchine locomobili sono generalmente quelle che si adoperano nell'operare i sollevamenti di terre o di rocce da pozzi, allorquando vuolsi impiegare la forza motrice del vapore. Si immagini un robusto castello formato di travi convenientemente disposte, portante un cilindro orizzontale, e due funi accavalciantisi alla sommità del castello, ciascuna ad un secondo cilindro, ed avvolte al primo in modo che una tinozza piena attaccata all'estremità di una fune salga mentre discende un'altra tinozza vuota fermata all'estremità dell'altra fune. Per avere l'indicato movimento di alternativa salita e discesa è necessario di poter comunicare due movimenti rotatorii al primo cilindro, l'uno in senso contrario all'altro; e si possono essi ottenere inalberando sul perno, attorno al quale può girare il detto cilindro, due coppie di puleggie, ciascuna delle quali abbia una puleggia attiva ed una puleggia folle,

e ponendo due cingoli, il primo a tratti incrociantisi esternamente ed il secondo a tratti incrociantisi internamente, che, da ciascuna di dette coppie, possano andare a due puleggie attive poste sull'asse orizzontale che riceve direttamente il moto rotatorio dalla locomobile. Facendo andare ambedue i cingoli sulle puleggie folli, il cilindro su cui si avvolgono le funi più non sentirà l'azione della forza motrice, starà in riposo se non vi sono o se vi sono carichi eguali che agiscono sulle due funi; e quando le due funi sono gravate di pesi molto diseguali tenderà a girare pel verso conveniente allo svolgimento del tratto di fune che sopporta il maggior carico, se pure non si impedisce questo movimento mediante apposito e potente freno, che sempre deve trovarsi annesso al meccanismo di cui veniamo discorrendo. Di mano in mano che le tinozze piene arrivano ad una conveniente altezza sopra la bocca del pozzo, vi si fa venire sotto un carretto scorrevole su un binario di rotaie e portante due sostegni terminati in modo da poter ricevere a bilico le tinozze medesime, le quali facendo scorrere l'indicato carretto sulle rotaie, dopo d'averle staccate dalle catene che le uniscono alle funi con cui vennero sollevate, si portano al luogo di scarico e si versano colla massima facilità qualora siasi fatto in modo che il bilico abbia luogo attorno ad un asse passante di poco al di sopra del loro centro di gravità. Una volta operato il versamento di una tinozza, la si rimette nella posizione verticale, si fa venire il carretto che la porta sopra la bocca del pozzo, mediante catene portate dall'estremità della fune si attacca all'estremo della fune medesima, quindi si fa girare il cilindro per sollevarla un tantino onde poter far scorrere il carretto in modo che rimanga libera la apertura del pozzo, e si produce dopo nel detto cilindro quel movimento rotatorio che è valevole a far discendere la tinozza vuota ed a far risalire quella piena.

Nello scavare i pozzi s'incontrano talvolta delle sorgenti d'acqua che rendono imbarazzante ed assai difficile il lavoro. In simili circostanze è imperiosa necessità di ricorrere all'estrazione di queste acque mediante opportuni apparecchi di prosciugamento. Le macchine che per tale scopo riescono appropriate sono le pompe, siccome quelle che occupano poco spazio, e che facilmente si possono allungare coll'avanzamento del lavoro di escavazione. Il motore stesso che produce l'innalzamento delle materie sterrate è quello che impiegasi in generale per mettere in moto le pompe di prosciugamento; e per questo si fa passare un cingolo su una puleggia adattata al maneggio o alla locomobile, e su una puleggia

il cui albero porta le manovelle o gli eccentrici che imprimono il movimento di va-e-vieni agli stantuffi delle pompe.

Allorquando un pozzo ha già raggiunta una considerevole profondità, e sopratutto quando il suo avanzamento viene eseguito mediante l'impiego della polvere, è necessario provvedere alla ventilazione cacciando l'aria viziata ed il fumo prodotto subito dopo l'esplosione della polvere. Si raggiunge l'intento stabilendo alla bocca del pozzo un ventilatore e portando l'aria raccolta al fondo dell'escavazione mediante un apposito tubo di latta.

Le lampade da minatore e le candele sono i due mezzi che ancora si reputano i più utili per somministrare sufficiente lume agli operai che lavorano al fondo dei pozzi. E l'esperienza ha dimostrato che il primo torna generalmente più economico e più comodo del secondo.

38. **Escavazione dei pozzi**. — I metodi d'escavazione dei pozzi variano secondo che si deve operare nelle terre o nelle rocce. Nel primo caso è necessario impedire l'avvallarsi delle terre, che non manca mai quando l'escavazione si trova già innoltrata per una considerevole profondità; nel secondo caso non sono a temersi scoscendimenti, e tutto al più può avvenire che la roccia sia soggetta a sfaldarsi pel contatto dell'aria, e che per conseguenza occorra un piccolo rivestimento onde impedire tale contatto. I rivestimenti si fanno abitualmente in muratura per quei pozzi destinati a rimanere costantemente aperti, ed in legname per quelli destinati all'estrazione degli sterri provenienti da sotterranei e che devono essere otturati dopo l'esecuzione di questi ultimi.

L'escavazione di un pozzo nelle terre si fa per strati di altezza non eccedente quella oltre la quale c'è pericolo che le terre comincino a manifestare degli scoscendimenti; ed a misura che lo scavo si approfonda, si ha l'avvertenza di rivestirlo con tavole disposte colla loro dimensione massima verticale, e tenute contro le pareti mediante cerchiature o mediante intelaiature in legno, secondo che trattasi di un pozzo a sezione circolare o di un pozzo a sezione rettangolare. Le cerchiature in ferro si vedono soventi sostituite a quelle in legno nei pozzi a sezione circolare.

La figura 23 rappresenta la sezione verticale fatta in un pozzo a sezione rettangolare parallelamente alle sue pareti di maggior lunghezza, e si vede l'armamento costituito da un rivestimento *t* di tavole mantenuto contro le terre mediante una robusta intelaiatura formata di travi verticali V, disposti lungo gli spigoli del pozzo e lungo le pareti a distanza non maggiore di 3 metri, e

mediante travi orizzontali O distanti fra di loro, da asse ad asse, da metri 1,50 a 2 metri.

Allorquando la dimensione massima della sezione orizzontale di un pozzo non è guari diversa da 5 metri, è sufficiente di costituire le armature per ciascuna delle due pareti più larghe mediante travi verticali solamente poste lungo gli spigoli e di consolidare le travi orizzontali o mediante travi diagonali o mediante saette F disposte come si vede nella figura 24.

Soventi, principalmente nei pozzi per l'escavazione di gallerie, l'intelaiatura destinata a sostenere i tavolati che appoggiano contro le terre porta delle travi orizzontali, rinforzate se occorre da saette o da travi diagonali, disposte parallelamente alle pareti di minor larghezza; queste travi, nel mentre hanno una notevole influenza per rendere più efficace il complessivo sistema che resiste alle spinte delle terre, servono quasi sempre a stabilire un tavolato per ottenere due scompartimenti, in cui conviene generalmente dividere la capacità dell'intiero pozzo nell'intento di soddisfare a tutti i bisogni che può presentare l'esecuzione dell'opera.

L'escavazione di un pozzo nella roccia risulta generalmente opera difficile quando si considera dal lato dell'esecuzione dello sterro, ed opera facile se si risguarda dal lato dell'armamento delle pareti. Lo sterro deve essere eseguito coi mezzi che servono alla spaccatura delle rocce, e quasi sempre è giuoco forza aver ricorso alle mine. Le mine per pozzi si eseguiscono come in tutte le altre circostanze, e come si è indicato al numero 17 del volume che tratta dei Materiali da costruzione, salvo che in ogni atto si richiede la più scrupolosa attenzione nei minatori a motivo dello spazio limitato in cui si trovano, e dal quale non possono allontanarsi a loro piacimento. Allorquando è operato il caricamento delle mine, bisogna che tutti i minatori si facciano rimontare fuori del pozzo, e che il solo capo-squadra vi rimanga per appiccare il fuoco alla miccia, la quale deve essere talmente lunga da poter esso arrivare fuori del pozzo o almeno ad un'altezza non minore di 20 metri, prima che succeda lo scoppio. — Nelle rocce dure e non soggette a sfogliarsi per il contatto dell'aria è inutile ogni rivestimento, e nelle rocce che per tale contatto si sfogliano conviene impiegare dei rivestimenti analoghi a quelli che si fanno pei pozzi praticati nelle terre, ma con legnami di minori dimensioni a motivo della non esistenza di spinte laterali.

Allorquando si manifestano delle filtrazioni, bisogna accuratamente cercare di toglierle o di diminuirne l'entità mediante stoppe,

argille e cementi, raccogliere le acque, la cui presenza rimane inevitabile, in un apposito bacino che sempre devesi tenere praticato presso una parete del pozzo, e produrre quindi il loro sollevamento mediante apposite pompe.

ARTICOLO IV.

Sterri per gallerie.

39. **Generalità sugli sterri per gallerie.** — Prima dell'applicazione del vapore alle celeri comunicazioni per vie ferrate erano assai rari i passaggi sotterranei, e venivano citate come meraviglie le poche escavazioni artificiali state eseguite per la costruzione di strade e di canali. La necessità di tracciare le ferrovie per quanto è possibile in linea retta o almeno secondo curve circolari di grandissimo raggio, e l'impossibilità di poter superare pendenze eccedenti un certo limite, hanno però fatto vedere essere il lavoro del perforamento delle montagne uno dei più frequenti della pratica, e costituire ormai uno dei problemi la cui soluzione deve essere ben nota a quanti si applicano alla costruzione di vie ferrate.

Le escavazioni coperte eseguite attraverso colli o al piede di estesi monti per dar transito a strade o a corsi d'acqua si chiamano *passaggi sotterranei*, o più semplicemente gallerie, e l'assunto di questo articolo sarà di esporre come si possa procedere nell'eseguire gli sterri e nel trasportare le materie sterrate, considerando i due casi dell'escavazione sotterranea in roccia e dell'escavazione sotterranea in materie terrose e facili a scoscendere.

Lo scavo delle gallerie o viene attaccato solamente alle due estremità, procedendo verso il mezzo della loro lunghezza, oppure viene attaccato alle due estremità ed in punti intermedi mediante pozzi aperti verticalmente nell'asse o su un lato della galleria medesima. Il primo sistema conviene per i brevi passaggi sotterranei; il secondo torna vantaggioso per lo scavo di gallerie lunghe, sempre che i pozzi non siano per risultare eccessivamente profondi. Quando si vogliono fare delle gallerie con pozzi, oltre i punti d'attacco estremi, se ne hanno nello spazio intermedio due per ogni pozzo; e quando i pozzi trovansi aperti lateralmente alla galleria da forarsi, è necessaria per ognuno di essi una piccola galleria trasversale che lo metta in comunicazione colla galleria che si sta eseguendo, e quindi coi corrispondenti siti di sterro.

Gli scoscendimenti delle materie terrose, l'incontro di abbon-

danti sorgenti d'acqua e l'insufficienza d'aria respirabile dagli operai sono le cause che possono rendere d'una grave difficoltà il problema degli sterri per gallerie, e bisogna porre ogni cura per impedire gli irreparabili funesti accidenti che da esse possono derivare.

40. **Mezzi comunemente usati nell'esecuzione degli sterri per gallerie e nel trasportare le materie sterrate.** — I mezzi, di cui si è tenuto parola al numero 10, utili per la smovitura delle terre a cielo scoperto, sono pure quelli che generalmente si impiegano per le escavazioni di gallerie in sostanze terrose; ed i mezzi dei quali si fece cenno nel successivo numero 11 sono anche quelli che comunemente vengono adoperati per l'aprimento di passaggi coperti nelle rocce, dove l'escavazione si fa procedere mediante mine convenientemente praticate.

Il trasporto delle materie sterrate può essere eseguito con carriuole, con carrette a mano o con carrette a cavalli finchè trattasi di piccole gallerie, in località comode ed a brevi distanze; generalmente però, per trasportare le materie che risultano dai due scavi estremi, conviene far uso di vagonetti stabiliti su binari di vie ferrate che dai siti di deposito vanno al luogo di sterro, e che si prolungano di mano in mano che l'escavazione progredisce. I prodotti che si ottengono dalle escavazioni intermedie, a cui si arriva mediante pozzi, devono essere sollevati pei pozzi medesimi, e, oltre il lavoro del loro sollevamento, si rende anche necessario quello del loro trasporto dal luogo di scavo fino al sito in cui detto sollevamento deve aver principio. Questo trasporto orizzontale, che venne talvolta eseguito con carriuole per scavi a piccola distanza, risulta della massima economia allorquando si fa caricando direttamente le materie da trasportarsi nelle casse o nelle tinozze in cui devono essere sollevate passando pei pozzi. Se alla bocca del pozzo è stabilita una macchina mossa da uomini, le casse da impiegarsi per il sollevamento delle materie sono di piccolo volume, e si può operare il loro trasporto orizzontale dal fondo del pozzo al luogo di scavo mediante carriuole, su cui si ricevono quando discendono vuote, e dalle quali vengono levate cariche dalla fune che deve produrne l'innalzamento: se poi alla bocca del pozzo esiste una macchina mossa da cavalli o dal vapore, torna generalmente più economico di avere un carretto come quello di cui si è tenuto parola al numero 37, di ricevere sopra di esso le tinozze vuote, di farle venire al sito di caricamento su rotaie appositamente stabilite, e di farle rinvenire cariche al fondo del pozzo per attac-

carlé all'estremo della fune che per effetto del meccanismo superiore deve operarne il sollevamento.

Nell'aprimento della galleria di Vierzy i pozzi vennero aperti verticalmente sul sotterraneo da scavarsi, in corrispondenza dell'asse assegnato ad uno dei due binari della via ferrata che per essa doveva passare, ed in ciascuno dei due pozzi destinati all'estrazione delle materie sterrate ed all'abbassamento dei materiali occorrenti ad eseguire il lavoro si fece il servizio col *monta-carico* idraulico. Per ogni pozzo occorrono due monta-carico, ciascuno dei quali trovasi appeso ad una robusta fune che va ad avvolgersi sopra una puleggia, e che consiste in una robusta cassa di lastra di ferro, munita di due rotelle disposte in egual posizione, una su una faccia verticale di maggior lunghezza e l'altra sulla faccia opposta, e talmente sostenuta dalla fune da essere possibile di collocare su essa dei vagonetti destinati al trasporto dei materiali. Ogni vagonetto, caricato al luogo di scavo nella galleria, si conduce sulle rotaie del monta-carico che trovasi in basso, le quali devono precisamente trovarsi in prosecuzione di quelle stabilite nella galleria medesima. Quando detto vagonetto trovasi a sito, gli operai che sono alla bocca del pozzo vengono avvertiti da quelli che si trovano in basso, ed immediatamente dopo tale avvertimento versano nella cassa del monta-carico che trovasi in alto, e sul quale già si sarà caricato il vagonetto vuoto che deve discendere, tant'acqua da poter produrre la discesa di questo e l'ascensione di quello che trovasi al fondo. Delle guide su cui scorrono le due rotelle di ciascun monta-carico impediscono che esso si inclini; un freno convenientemente disposto sulla puleggia alla quale si avvolge la fune che sostiene i porta-carico deve permettere di moderare il movimento di discesa qualora si faccia troppo rapido; degli opportuni ritegni si devono trovare alla bocca del pozzo per tenere fermo il monta-carico appena giunto colle sue rotaie in prosecuzione di quelle su cui deve passare il vagonetto per andare al sito di scarico; una catena, che serva come di contrapeso e quindi in parte a regolare il moto, deve trovarsi attaccata al fondo di ciascuna cassa; una valvola deve essere disposta in modo che ogni cassa piena lasci sgorgare l'acqua appena arriva al fondo del pozzo; e finalmente una pompa a doppio effetto, mossa da una locomobile, deve produrre il sollevamento, vuoi dell'acqua che scola nell'interno della galleria e si raccoglie al fondo del pozzo sempre più profondo del suolo dell'escavazione, vuoi dell'acqua che servi a produrre l'abbassamento della cassa

portante il vagonetto vuoto e l'inualzamento di quella portante il vagonetto carico. — Allorquando occorre di dover trasportare in galleria dei materiali necessarii all'esecuzione del lavoro, si pongono questi nel vagonetto che deve discendere e, o producono l'ascensione del vagonetto carico se il loro peso è sufficiente, o concorrono almeno a scemare la quantità d'acqua da versarsi nella cassa che deve discendere, se il loro peso è insufficiente ad operare lo innalzamento del vagonetto carico.

41. Metodo ordinario per l'esecuzione delle gallerie nelle rocce. — In ciascuna delle estremità si incomincia generalmente l'escavazione applicando una prima squadra di minatori, i quali lavorino aprendo una piccola galleria, detta *galleria d'avanzamento*, od anche *avanzamento*, alta nelle ordinarie gallerie da metri 1,80 a metri 2,10, e larga da metri 1,20 a metri 2. L'avanzamento si fa generalmente in modo da essere il suo cielo al livello della sommità dell'escavazione definitiva, o almeno di poco al di sotto di tale sommità. Incontrandosi dei tratti in cui abbiansi a temere degli scoscendimenti, è necessario di energicamente opporvisi mediante armature disposte perpendicolarmente all'asse dello scavo a distanza tale da potervi appoggiare contro dei tavoloni o dei legni tondi spaccati per mezzo, generalmente costituite ciascuna (siccome lo indica la figura 25 rappresentante una sezione trasversale di un avanzamento) da due ritti verticali A appoggiati al suolo dell'escavazione e da una traversa orizzontale B sopportata dai ritti.

Allorquando l'avanzamento si crede a sufficienza innoltrato nella roccia, si può applicare al lavoro una seconda squadra di minatori i quali, attaccando a diritta, a sinistra ed in alto la piccola galleria, ne producano l'*ingrandimento*. Incontrandosi delle armature che si credette opportuno di collocare nell'esecuzione dell'avanzamento, si levano ad una ad una, e, presentandosi il pericolo di scoscendimenti, si dispongono i legnami d'armamento come lo indica la figura 26, mediante una sezione trasversale fatta in una galleria d'avanzamento già ingrandita.

Trovandosi l'ingrandimento a sufficiente distanza dall'estremità aperta dell'escavazione già eseguita, si può applicare una terza squadra di minatori, i quali, lavorando nell' allargare l'ingrandimento medesimo, diano scavata l'intiera parte di galleria che deve trovarsi al di sopra del piano d'imposta del vôlto e che da alcuni chiamasi *corona*, e da altri *calotta*. Nell'esecuzione della corona rimangono a sito tutte le armature stimate necessarie nel fare l'ingrandimento, e, facendosi sentire il bisogno di sostegni laterali,

ai puntelli C (*fig.* 27) se ne aggiungono altri D disposti a guisa di ventaglio e sopportanti i fusti perimetrali E che appoggiano, o contro le pareti dello scavo, o contro robusti tavoloni, qualora si riconosca necessario di dover porre un sostegno alle diverse parti di parete corrispondenti alle maglie che esistono fra i fusti perimetrali E e le longarine *a*.

Aperta la corona per una certa lunghezza, si dà opera a stabilire le centine, ad eseguire il vôlto; e le armature di puntellamento si levano ad una ad una e di mano in mano che cominciano ad essere d'imbarazzo al compimento degli indicati lavori. Queste centine devono essere fatte in modo da permettere il passaggio degli operai che lavorano in avanzamento, in ingrandimento ed in calotta, e da non porre incaglio all'esecuzione dei trasporti che si devono eseguire per il servizio dei lavori e per sbarazzarsi del materiale sterrato.

Eseguito un certo tratto di vôlto, si può incominciare lo scavo che deve rimanere fra i piedritti, facendo quello a poco a poco, eseguendo questi in sottomurazione di mano in mano che il vôlto rimane senza appoggio alle sue imposte, e puntellandolo tuttavolta che vogliasi levare la roccia sottostante per un tratto piuttosto considerevole senza dar mano all'immediata esecuzione dei piedritti.

Talvolta senza passare per l'avanzamento e per l'ingrandimento si procede a dirittura allo scavo completo della corona, che prende allora il nome di *corona d'avanzamento.*

Operando in galleria si presentano quasi sempre delle filtrazioni d'acqua che è necessario di raccogliere in un fosso scavato nel suolo, largo circa mezzo metro, e talmente profondo da poter servire al completo scolo. Questo fosso poi, affinchè non venga ad ostruirsi, si ricopre con tavole oppure con larghe pietre che soventi si ritraggono dallo sterro che si va eseguendo.

Lo sterro ottenuto colle mine lavorando all'avanzamento, all'ingrandimento ed alla corona si trasporta generalmente fino al sito in cui comincia lo scavo completo mediante barelle, carriuole, o con vagonetti scorrevoli su binari di ruotaie giudiziosamente stabiliti; da questo punto può essere portato fuori della galleria con un mezzo qualunque, ma generalmente si ha ricorso all'impiego dei vagonetti.

Dal sin qui detto risulta che nell'esecuzione di uno sterro per gallerie si trovano generalmente applicati diversi operai, minatori, falegnami e muratori, i quali divisi per squadre lavorano in siti diversi. Un progresso regolare esige che si conservino pressochè

inalterate le distanze a cui trovansi le diverse squadre a misura dell'avanzamento dei lavori, e queste distanze devono essere grandi o piccole secondochè si vogliono rendere indipendenti o dipendenti le opere che alle squadre medesime incumbe di eseguire. Nel primo caso i punti d'attacco dell'opera devono essere a tale distanza che le mine fatte scoppiare in uno di essi non possano apportare il minimo danno alle squadre più vicine; nel secondo caso dette distanze possono essere minori, ma importa allora che tutti gli operai operino correlativamente, che gli spari di tutte le mine abbiano luogo ad eguali intervalli nelle medesime ore, e che sia osservata in questo la più scrupolosa consegna onde ottenere che a tutti gli operai addetti al lavoro risulti agevole di porsi al sicuro da qualsiasi funesto accidente. La condizione che non vengano ad accumularsi coi detriti prodotti da mine prossime a scoppiare quelli delle mine già sparate, fissa il numero dei manovali da applicarsi al trasporto delle materie sterrate, i quali devono incominciare dallo sbarazzare i siti in cui occorre ai minatori di praticare nuovi fori, e successivamente procedere all'esecuzione del totale trasporto.

Il sistema di scavare la galleria d'avanzamento in guisa che il suo cielo sia al livello o prossimamente al livello del cielo che deve avere la definitiva escavazione, non viene sempre adottato; e talvolta si scava l'avanzamento molto più in basso.

Resta ora a vedersi in qual modo si possano eseguire in galleria quegli scavi a cui si arriva mediante pozzi, e di accennare tanto al caso in cui i pozzi vengono verticalmente aperti nell'asse della galleria quanto a quello in cui si trovano lateralmente disposti. — Nel primo caso, appena un pozzo ha raggiunta la necessaria profondità, si dà principio allo scavo dell'avanzamento, lavorando a dritta ed a sinistra del pozzo nel piano verticale passante per l'asse della galleria che hassi in mira di eseguire; e, quando questo è già bene innoltrato, si mettono degli operai per lavorare in calotta, se pure non viene essa immediatamente eseguita all'atto dell'avanzamento.

Nel secondo caso si stabilisce una galleria trasversale avente origine al fondo di ogni pozzo, e diretta in modo da condurre all'attacco dell'escavazione definitiva. L'avanzamento o tutto al più la corona d'avanzamento viene generalmente aperta da un pozzo all'altro prima di dar mano allo sterro inferiore che deve rimanere fra i piedritti. Con questo si arriva ad ottenere una buona ventilazione, a poter ben stabilire l'andamento dell'asse della galleria ed a dar facile scolo alle acque che possono derivare da

abbondanti filtrazioni. Dopo si può lavorare dalla parte dei pozzi come si è detto per le estremità e discendere pei pozzi tutto il materiale occorrente all'esecuzione dell'opera. I trasporti delle materie sterrate si fanno come si è detto al numero 40.

Se avviene di incontrare delle acque nello scavare gli avanzamenti o le corone a cui si arriva pei pozzi, si discende il fondo di questi ultimi alla profondità di 1,50 a 2 metri al di sotto del suolo dell'escavazione, e all'altezza di questo suolo si ricoprono di un forte tavolato, su cui vi siano solamente dei fori per il passaggio dei tubi delle pompe di prosciugamento, le quali, secondo la minore o maggior abbondanza del volume d'acqua da sollevarsi, sono mosse da uomini, da cavalli o da macchine a vapore.

42. **Sterri in galleria ed in sostanze terrose.** — L'aprimento di gallerie in sostanze terrose riesce operazione assai più difficile dell'aprimento di gallerie nelle rocce, a motivo della facilità con cui possono succedere gli scoscendimenti e per le grandi cure che importa di avere onde impedirli. L'escavazione, analogamente a quanto si pratica per le gallerie nelle rocce, si attacca solamente alle due estremità nelle brevi gallerie, alle estremità ed in punti intermedi, mediante pozzi, in quelle di considerevole lunghezza.

Si dà principio all'escavazione per i due estremi incominciando dal fissare a quale altezza deve trovarsi il punto culminante dello scavo da eseguirsi, e praticando immediatamente la ristretta e piccola escavazione denominata avanzamento. A misura che l'opera procede, è imperiosa necessità di disporre dei tavoloni contro le pareti del taglio e di sostenerle mediante apposite armature che, siccome lo dimostra la figura 28, mediante un'elevazione, sono generalmente delle intelaiature, ciascuna delle quali è formata di due traverse orizzontali T colla sezione trasversale di circa 20 centimetri, e di due ritti R leggiermente inclinati colla sezione trasversale avente poco più di metri 0.15 di lato. L'altezza totale di un'intelaiatura non eccede generalmente metri 1,80, e suolsi ordinariamente assegnare di 1 metro la sua larghezza media.

Le intelaiature, siccome lo indica la figura 29, che rappresenta una sezione orizzontale presso la loro base, si dispongono generalmente accoppiate in modo che lo spazio AB che rimane libero fra di esse sia da quaranta a cinquanta centimetri, e si procura che la distanza CD fra asse ed asse di due intelaiature successive appartenenti a coppie diverse non sia maggiore di metri 1,30. Sulle traverse orizzontali, contro i ritti e per tutti gli spazi analoghi a CD si collocano dei tavoloni lunghi metri 1,50. Allor-

quando il terreno in cui si lavora ha una certa consistenza, pochi tavoloni sostenuti dalle intelaiature poste a distanza di metri 1,30 possono bastare per impedire ogni scoscendimento, e sarebbe lavoro inutile qualsiasi rivestimento fra due intelaiature distanti solo da 40 a 50 centimetri. Se poi l'escavazione si fa nella sabbia fina o nelle terre umide e semiliquide, i tavoloni lunghi metri 1,50 devono toccarsi lateralmente, e le pareti fra due intelaiature vicine devono essere rivestite con corti e ben uniti assicelli. L'interposizione di uno strato di paglia alto da 2 a 3 centimetri fra le tavole di rivestimento e le terre forma un potente preservativo contro qualsiasi specie di frana.

Suppongasi ora eseguito un tratto considerevole di piccola galleria e che debbasi procederè allo scavo dell'ingrandimento, al quale suolsi generalmente dare una larghezza che sia circa 1/3 di quella dell'intero scavo, ed un'altezza tale da pareggiare la differenza di livello fra la sommità esteriore del vôlto che deve coprire il sotterraneo ed un piano orizzontale passante di circa 50 centimetri al di sotto del piano d'imposta di detto vôlto. — Si scavino lateralmente gli intervalli della lunghezza di 40 a 50 centimetri lasciati fra due intelaiature successive della piccola galleria fino ad avere quella larghezza che vuolsi assegnare all'ingrandimento, e si stabiliscano negli scavi che ne risultano delle intelaiature aventi presso a poco la forma di quelle impiegate per la piccola galleria, ma con dimensioni maggiori, anche composte di due traverse orizzontali T' (*fig.* 30) e di due ritti verticali R'. Di mano in mano che trovansi a sito due intelaiature successive dell'ingrandimento, si levino le due intelaiature piccole fra quelle comprese, e si scavi la terra che rimane in modo da poter collocare sulle traverse orizzontali superiori T' e contro i ritti R' dei tavoloni destinati ad impedire gli scoscendimenti dall'alto e le dilamazioni laterali.

Per passare dal lavoro in ingrandimento al lavoro in calotta, si fanno degli scavi al di dietro dei ritti R' larghi circa 50 centimetri nel senso parallelo all'asse dell'escavazione, ed aventi profondità e forma conveniente al rivestimento murale che definitivamente vuolsi stabilire. Negli scavi così praticati, che non distano da mezzo a mezzo più di metri 1,80, si pongono i saettoni S ed i puntoni P; e si scava la terra che fra essi rimane fino a poter disporre su detti puntoni dei tavoloni che, andando dall'una all'altra delle armature costituite dalle intelaiature dell'ingrandimento, dalle saette S e dai puntoni P, servono ad impedire ogni scoscendimento.

In armonia a quanto si pratica scavando gallerie nelle rocce, il collocamento delle centine del vôlto e la costruzione di quest'ultimo sono i due lavori che immediatamente seguono lo scavo della calotta. Parlando della costruzione dei vôlti si daranno i precetti necessari per la regolare loro esecuzione; e basti per ora il dire che si arriva assai facilmente a levare tutti o almeno per la massima parte i legnami delle armature destinate a sostenere provvisoriamente le terre.

Terminata la parte superiore di una galleria, si procede ad eseguire la parte inferiore, la quale esige ancora degli sterri piuttosto considerevoli. Si incomincia dallo scavare fino al livello del suolo, che deve avere il sotterraneo, una massa di terra della larghezza di 1,75 a 2 metri, e si procede quindi a fare degli sterri trasversali fino sotto al vôlto perpendicolarmente alla direzione dello scavo longitudinale già eseguito. Immediatamente e per via di sotto-murazione si costruiscono i piedritti negli spazi rispondenti a detti scavi trasversali, e si leva dopo tutta la terra che ancora rimane per far luogo alla completa loro costruzione.

Nello scavare la piccola galleria, nell'ingrandirla per giungere a lavorare in calotta e nell'eseguire lo sterro inferiore, importa sommamente di praticare al fondo dello scavo il piccolo fosso F lungo ed alto circa 40 centimetri, destinato a raccogliere le acque provenienti da coli e da filtrazioni e ad esportarle verso l'estremità dell'escavazione già eseguita. Detto fosso, che deve essere rivestito con tavole o con tavoloni ben uniti e puntellati nei terreni sabbiosi ed in quelli aventi un certo grado di fluidità, si deve sempre ricoprire con tavole.

Gli scavi che si attaccano per pozzi si fanno ordinariamente in solo avanzamento o tutto al più in corona d'avanzamento fino a mettere fra loro in comunicazione i pozzi e le estremità aperte della galleria coi due pozzi vicini. Ottenuto questo, si può lavorare lateralmente ai pozzi come per le estremità, innalzando per essi le materie sterrate e discendendo quanto abbisogna alla completa esecuzione dell'opera. — Gli armamenti ed i rivestimenti da impiegarsi negli scavi a cui si arriva per pozzi devono essere conformati e messi a sito come si disse per gli scavi aperti dalle estremità; le gallerie trasversali che mettono dai pozzi alla galleria che si scava, non che le pareti dei pozzi stessi devono essere diligentemente armate, la qual cosa deve anche essere eseguita nella parte bassa coperta da tavolato ed in cui si raccolgono le acque provenienti da filtrazioni, onde poterle innalzare mediante pompe.

Il metodo indicato per l'esecuzione di una galleria in sostanze terrose, che generalmente torna vantaggioso nel maggior numero dei casi, può essere modificato a seconda delle circostanze, dello scopo dell'opera, delle viste di chi dirige i lavori, e nei terreni molto imbibiti d'acqua e dotati di grande fluidità, come sono quelli che si incontrano nell'eseguire scavi sotterranei sotto canali, torrenti e fiumi, riescono insufficienti le armature ordinarie, e necessariamente bisogna ricorrere a disposizioni speciali appropriate alle circostanze ed alle difficoltà da superarsi.

43. **Cenno generale su alcune macchine perforatrici per la esecuzione di grandi gallerie**. — Due sono i tipi a cui si possono ridurre le macchine finora ideate e messe a prova per l'esecuzione degli sterri nella roccia: quelle del primo tipo sono destinate a praticare mediante percossa o mediante penetrazione i fori da mina, i quali vengono poi caricati da minatori coi noti metodi; quelle del secondo tipo invece sono dirette a frantumare la roccia ed a praticare in essa, senza l'impiego della polvere, un foro abbastanza grande da poter servire al passaggio degli operai e della macchina perforatrice medesima, onde aprire una piccola galleria il cui ingrandimento opportunamente eseguito deve costituire la galleria definitiva. Le macchine perforatrici del primo tipo sono quelle che finora hanno dato plausibili risultati e che dalla esperienza vennero riconosciute siccome vantaggiosamente applicabili ai grandi sterri nella roccia; quelle invece del secondo tipo non sono ancora a tal grado di perfezionamento da potersi promettere un esito sicuro dalla loro applicazione, che anzi le prove finora tentate hanno messo in evidenza essere gravi le difficoltà che esse presentano per venire poste in azione e produrre soventi il totale loro dissesto la roccia stessa che si ha in mira di frantumare e di perforare. In America, nel 1852, per la costruzione della strada ferrata da Troy a Boston, venne per la prima volta adoperata una macchina nella perforazione di una galleria, e sembra che questo avvenimento, unito alla necessità di dover aprire lunghissime gallerie senza l'intermedio di pozzi, abbia indotto parecchi distinti meccanici ed ingegneri a studiare sul serio il problema della perforazione meccanica delle rocce, alla cui soluzione mirarono parecchi ritrovati, come sono: quello del signor Dumas, di cui l'inventore prese un attestato di privativa in Francia fin dal dicembre dell'anno 1852; quello dell'ingegnere Jenks, che figurava all'esposizione universale di New-Jork nel 1853; quello dell'ingegnere Maus; quello del signor Colladon, di cui egli prese un cer-

tificato di privativa in Piemonte nell'anno 1855; quello del signor Bartlett; quello del capitano Peuricc; quello dei signori Schwartzkopf e Philippson; e sopra ogni altro quello dell'ingegnere Sommeiller che con tutto il buon successo desiderabile funziona ora nella gigantesca impresa del traforo del Monte-Cenisio.

Il motore da impiegarsi nell'esecuzione meccanica dei grandi sterri in roccia per porre direttamente in moto gli scarpelli destinati a praticare in essa i fori da mina o le punte che devono tagliarla e frantumarla, che può essere qualunque finchè trattasi di sterri a cielo scoperto o dell'aprimento di corte gallerie in cui non si renda difficile la naturale ventilazione, si può dire esclusivamente ridotto all'aria compressa allorquando è quistione di mettere in azione delle macchine perforatrici per aprire lunghe gallerie in cui sia necessaria un'artificiale ventilazione. Questo fatto non sfuggì al signor Colladon, il quale appunto coll'aria compressa propose di risolvere il duplice problema della trasmissione del moto e della ventilazione, operando quest'ultima mediante l'aria sfuggita dopo il conseguimento della prima. Per comprimere l'aria in modo sufficiente ai bisogni dei lavori di una grande galleria sono necessari efficaci mezzi attendibili, traendo partito della forza motrice di abbondanti corsi d'acqua, di considerevoli cadute, di potenti macchine a vapore per dar moto a meccanismi di compressione, e pel traforo del Monte-Cenisio si sono stabiliti: i compressori idropneumatici a colonna, ideati dai tre valenti ingegneri Grandis, Grattoni e Sommeiller al cantiere di Bardonnêche (imbocco sud della galleria), ove si aveva una considerevole caduta d'acqua; i compressori idropneumatici a tromba pure ideati dagli stessi ingegneri al cantiere di Modane (imbocco nord della galleria), messi in moto da ruote idrauliche. Questi compressori a tromba, che presentano il vantaggio di trasformarsi in potenti macchine aspiranti per la sola inversione delle valvole, e che in tale stato utilmente si impiegano all'imbocco nord di detta galleria per produrre la ventilazione resa piuttosto difficile a motivo della forte pendenza dall'indentro al di fuori, hanno dato in tutto dei risultati così soddisfacenti che ora vengono anche stabiliti al cantiere di Bardonnêche nell'intento di aumentare la produzione dell'aria compressa.

Al dominio della meccanica applicata spetta la descrizione e la spiegazione del modo di agire delle macchine che servono a comprimere l'aria, e chi vuole avere informazioni sui compressori adoperati nel traforo delle Alpi tra Bardonnêche e Modane può

consultare: o l'interessante relazione della direzione tecnica dei lavori, pubblicata fin dall'anno 1863 in Torino, ed indirizzata alla Direzione generale delle strade ferrate dello Stato italiano; oppure il giornale del Genio civile. In quanto poi ai perforatori, quali mezzi che direttamente vengono applicati dal costruttore nell'esecuzione degli sterri, credo conveniente un breve cenno che limito al perforatore dell'ingegnere Sommeiller, siccome l'unico che sotto ogni riguardo ha dati dei buoni risultati.

44. **Perforatore Sommeiller.** — Il perforatore di Sommeiller, che impiegasi nel traforo delle Alpi tra Bardonnêche e Modane, usando dell'aria compressa come forza motrice, consta di due distinte parti che costituiscono il *sistema motore* l'una, il *sistema percussore* l'altra. La parte formante il sistema motore consiste essenzialmente in un cilindro, detto *cilindro motore*, nel quale ha moto rettilineo alterno uno stantuffo per effetto dell'aria compressa che viene portata ed opportunamente distribuita nelle due camere di detto cilindro mediante un tubo di presa ed una cassetta analoga a quella di distribuzione delle macchine a vapore. Il moto dello stantuffo, mediante un nerbo ed una manovella, viene convertito in moto circolare continuo intorno ad un asse orizzontale, perpendicolare alla direzione dell'asse del cilindro motore, portante un volante ed un eccentrico circolare dal quale viene guidata la valvola di distribuzione dell'aria compressa, ed una ruota dentata conica destinata a trasmettere il suo moto rotatorio ad un secondo asse orizzontale detto *albero motore*, perpendicolare al primo, di sezione circolare alle sole estremità in cui appoggia sulle fantine di sostegno e di sezione quadrata in tutta la parte intermedia della sua lunghezza.

Fra due guide parallele che costituiscono l'intelaiatura della macchina può scorrere, per una lunghezza di circa 80 centimetri corrispondente alla profondità usuale di fori da mina, tutta la parte formante il sistema percussore che consta essenzialmente di un cilindro, chiamato *cilindro percussore*, entro cui, per effetto dell'aria compressa, continuamente portata da apposito tubo, si muove uno stantuffo al cui gambo trovasi unito il porta-scarpello. Lo scorrimento del sistema percussore si rende possibile mediante una *vite motrice* annessa al cilindro e girevole in apposite scanalature praticate nelle due guide, per modo che quello avanza o indietreggia secondo che questa gira in un senso o nell'altro.

Sull'albero motore è inalberata una ruota che fa ufficio di eccentrico, e la quale ha la sua faccia anteriore inclinata per rispetto

all'asse dell'albero medesimo in modo da servire al movimento del gambo orizzontale della valvola destinata a dare la conveniente distribuzione dell'aria compressa per ottenere che lo stantuffo del cilindro percussore venga a muoversi con moto alternativo rettilineo onde produrre l'avanzamento ed il regresso dello scarpello.

Dopo ciascun colpo lo scarpello gira di 1/18 di circonferenza, e si ottiene questa rotazione nel modo seguente: un *puntone*, mosso da un eccentrico unito a quello che dà moto alla valvola di distribuzione del cilindro percussore, ad ogni rivoluzione dell'albero motore, che corrisponde ad un colpo intiero, fa girare di un passo o di un dente e per 1/18 di giro una *ruota di forza* infissa ad una spranga che penetra con sezione quadrata in una cavità simile dello stantuffo percussore, il quale per conseguenza è anche costretto a girare di 1/18 di giro.

Stando fermo il cilindro percussore e lavorando lo scarpello in una rocca onde praticare un foro da mina, si ha per risultato che questo foro si approfonda e che la corsa dello stantuffo si fa più lunga d'altrettanto, cosicchè stando così le cose verrebbe il momento in cui non sarebbe più lo scarpello che batte contro la rocca, ma sibbene lo stantuffo che percuote contro il coperchio anteriore del cilindro percussore. Questo stato di cose non deve succedere, e bisogna che tutto l'apparecchio di percussione si faccia innanzi di mano in mano che va sprofondandosi il foro. Per ottenere questo avanzamento vi è una *ruota a guscio*, dentata sul fianco che fa fronte alla vite motrice; essa può scorrere liberamente sulla spranga, addentrantesi nello stantuffo di percussione, a destra ed a sinistra per uno spazio uguale almeno alla profondità di fori che si trovano nella vite motrice, nei quali si intromettono i suoi denti, ed è mossa dal puntone che nel medesimo tempo dà il moto alla ruota di forza. Nel guscio di questa ruota è collocata una staffa connessa ad una spranga che alla sua estremità, volta dalla parte verso cui trovasi lo scarpello, si divide in due rami a guisa di forca i quali, ripiegandosi all'insù, vanno a mettere capo contro denti che trovansi sulle facce inferiori delle due guide; un terzo ramo posto nel mezzo dei due primi fa parte integrale della detta spranga, di cui non è che il prolungamento; ed una molla spinge la forca contro i denti d'arresto. Una *molla a spirale* tende continuamente a spingere contro la vite motrice la ruota di forza e la ruota a guscio, ma viene contrastata dalla forca d'arresto. — Essendo così disposte le cose, se il foro che si va praticando è

approfondito di una quantità tale da urtare contro il ramo mediano un *tallone* annesso allo stantuffo di percussione, avverrà lo scatto delle punte della forca dai denti d'arresto, e più non sarà contrastata la molla a spirale che spingerà la ruota a guscio contro la vite motrice, e la trascinerà con sè nel moto rotatorio impartitole dal puntone mediante la ruota di forza. La vite motrice farà anch'essa 1/18 di giro ad ogni colpo, e così avanzerà tutto il sistema percussore proporzionalmente alla lunghezza del passo della vite motrice medesima. Dopo un certo numero di giri la punta della forca incontra un altro dente d'arresto, ed è costretta a stare ferma unitamente alla spranga che la porta, ed il cilindro percussore progredirà ancora di quanto sarà necessario per far uscire i denti della ruota a guscio dai fori posti sulla fronte della vite motrice contro cui essa appoggia. Cessato l'avanzamento del cilindro percussore, lo scarpello lavorerà ancora ad approfondare il foro fino a che il tallone venga di bel nuovo a battere sul ramo mediano che produce lo scatto della forca, e così incomincia un nuovo avanzamento.

Per far rinculare il sistema percussore, allorquando è praticato un foro si inverte il movimento della vite motrice senza invertire quello del cilindro motore, la qual cosa normalmente esige una manovra di breve durata e che assai speditamente si eseguisce facendo ingranare una piccola ruota dentata posta nell'albero motore con una ruota che produce nel sistema percussore una rotazione inversa a quella che ha luogo quando esso avanza.

I perforatori Sommeiller hanno una lunghezza di circa metri 2,80 senza lo scarpello, il quale è di acciaio assai resistente; il loro peso è un po' maggiore di 200 chilogrammi, ed i più forti pesano circa 300 chilogrammi. Questi apparecchi scavano i fori con gran rapidità, e si guadagna nella frequenza dei colpi tutto quello che non si può avere in energia per non oltrepassare quel limite di elasticità, oltre il quale non può esservi sufficiente resistenza agli urti nei diversi pezzi che li compongono; sono automatici, cioè tutti i movimenti di percussione, di rotazione, di avanzamento e di regresso si compiono e si regolano senza il concorso dell'operaio; hanno forma, dimensioni e peso da riuscire di un facile maneggio; finalmente presentano il vantaggio di non abbisognare di frequenti riparazioni.

I perforatori, di cui si è tenuto discorso, si mettono in esercizio collocandoli su apposito sostegno o *affusto*, il quale, scorrendo su un binario di rotaie, si può avvicinare o allontanare dalla fronte

di attacco, ed il quale è munito di montanti, viti, traverse e scale per poter dare ai perforatori tutte quelle direzioni differenti che si ravvisano più convenienti ad ottenere un buon risultamento dalle mine. Ciascun perforatore porta due tubi flessibili, uno per l'acqua e l'altro per l'aria compressa. Ciascun tubo per l'acqua mette capo ad un tubo di distribuzione fisso sull'affusto e munito di dieci rubinetti, e ciascun tubo dell'aria compressa viene ad unirsi ad un altro tubo di distribuzione avente pure dieci rubinetti.

Il tubo di distribuzione dell'acqua si pone in comunicazione mediante un tubo flessibile coi serbatoi dell'acqua posti su un carro che vien dietro l'affusto, i quali serbatoi si mettono alla lor volta in comunicazione con la condotta dell'aria compressa onde imprimere all'acqua la necessaria forza di proiezione al momento in cui viene lanciata nei fori scavati dalle perforatrici per tenerli sgombri dalla polvere ed impedire il riscaldamento degli scarpelli. Al tubo di distribuzione dell'aria compressa vanno annessi altri due tubi che si prolungano in alto dell'affusto, e che mediante tubi flessibili della lunghezza di 5 a 6 metri si accoppiano con le condotte laterali dell'aria compressa che stanno sul fondo della galleria che si va scavando coi perforatori, e che si mantengono coperte con detriti di roccia onde porle al riparo dei danni che l'esplosione delle mine loro potrebbe apportare. Quando esiste la comunicazione fra il tubo di distribuzione dell'aria compressa e fra le condotte laterali, mediante appositi rubinetti si può dar aria compressa o levarla ad ogni perforatore; quando tale comunicazione è intercetta la forza motrice non arriva ai perforatori, ed essa rimane nelle condotte quando le loro estremità sono chiuse con rubinetti.

Un tubo longitudinale corre sulla parte elevata dell'affusto: questo tubo, che porta il gas per illuminare, può essere messo in comunicazione colla condotta che viene da un gazometro stabilito fuori della galleria.

L'affusto è montato su quattro ruote ed una delle due ruote d'avanti è dentata, e mediante un rocchetto ed un volante con manubri può tutto l'apparecchio essere allontanato o avvicinato alla fronte d'attacco a braccia d'uomini.

45. **Disposizioni adottate al traforo delle Alpi tra Bardonnèche e Modane per l'esecuzione degli sterri in galleria.** — L'avanzamento è la sola parte dello sterro in cui si impiegano le perforatrici Sommeiller nell'eseguire il traforo delle Alpi; si adopera il metodo ordinario delle mine per passare dalla sezione del-

l'avanzamento a quella intieramente scavata; e le figure 31, 32, 33, 34 e 35, rappresentanti rispettivamente la sezione dell'avanzamento senza canale di scolo, la sezione dell'avanzamento col canale di scolo, la sezione in corso di escavazione, la sezione intieramente scavata, la sezione longitudinale e la pianta, sono dirette a far vedere qual è la generale disposizione adottata nel mandare ad effetto l'ardita e gigantesca impresa.

I perforatori, convenientemente disposti sull'affusto, lavorano al fondo A (*fig.* 35) dell'escavazione già eseguita aprendo l'avanzamento colla sezione che viene indicata nella figura 31; e quando la roccia si mostra poco salda si stabiliscono dei quadri di armamento, formati di ferro e di tavoloni, e disposti come appare dalle già citate figure 31 e 35. Sul suolo dell'avanzamento trovansi stabiliti, un binario principale nel mezzo sul quale può scorrere l'affusto, ed un piccolo binario laterale che serve per i vagonetti destinati a trasportare i detriti. Tanto l'uno quanto l'altro di questi binari si prolungano a misura che l'avanzamento procede, e la stessa cosa viene fatta per le condotte laterali dell'aria compressa, non che per le condotte del gaz e dell'acqua. — Ad una conveniente distanza dalla fronte di attacco incomincia la sezione dell'avanzamento col canale di scolo (*fig.* 32), nel quale si trovano disposti i tubi delle diverse condotte.

Per passare dalla sezione di avanzamento con canale di scolo alla sezione interamente scavata, nell'estremità B della piccola galleria, che trovasi opposta a quella in cui funzionano i perforatori, si sostituiscono ai quadri in ferro dei quadri più forti formati da robuste travi (*fig.* 33 e 35), e vi si sovrappone un solido tavolato di ascialoni, che serve al duplice scopo di sostenere i minatori applicati allo scavo della calotta C (*fig.* 35), e di dare una via coperta con libero e sicuro accesso alla galleria d'avanzamento. Di mano in mano che procede il lavoro in calotta, ed ove la cattiva natura della roccia lo richiede, si dispongono delle armature di sostegno foggiate come appare dalla figura 34. Una volta eseguito uno sterro in calotta della lunghezza di 4 a 5 metri, si rimuovono i quadri ed il tavolato che coprivano la piccola sezione; si dà mano a sterrare i due massicci laterali dell'altezza di circa 3 metri che, per essere attaccabili di fronte, di fianco ed in alto, assai facilmente possono essere smossi, e quest'escavazione la si prosegue, allargandola ed approfondandola, finchè siasi fatto luogo alla costruzione dei piedritti sui quali viene eseguito il volto dopo il collocamento di apposite centine.

I lavori di cui si è tenuto parola si fanno procedere con tal ordine che tutti vengano presso a poco eseguiti a distanze costanti l'uno dell'altro; di mano in mano che si ha un tratto di galleria già rivestito col vôlto per una lunghezza di circa 200 metri, si estraggono dal canale di scolo le condotte dell'aria compressa, dell'acqua e del gaz; si collocano esse sopra mensole in ferro piantate nei piedritti in modo che vi sia comunicazione fra queste e quelle che ancora esistono nel canale di scolo; nella tratta di detto canale scavato nella piccola galleria si posa una pari lunghezza di condotte; e si pongono esse in comunicazione colle piccole condotte laterali dell'avanzamento, che per tal fatto vengono ridotte di lunghezza per nuovamente aumentare di mano in mano che l'avanzamento progredisce. Nella galleria già eseguita si mantengono due binari, mentre ne esiste uno solo nelle parti a sezione intieramente scavata, a sezione in corso di esecuzione ed in avanzamento, ed a misura che si fa il traslocamento delle condotte viene anche fatto quello del cambiamento di via portandolo all'estremo della galleria già totalmente rivestita. Il canale di scolo si fa in muratura nella galleria completamente rivestita, spostando all'uopo i binari, e rimettendoli a sito dopo il compimento dell'opera.

Non è però da dirsi che tutti i lavori progrediscano sempre senza menomamente scartare dall'ordine descritto, il quale a seconda delle esigenze può essere opportunamente modificato. Allorquando, lavorando in calotta, si trova non essere abbastanza prudente il sostenere la roccia mediante semplici puntellamenti, si procede immediatamente a rivestirla del vôlto prima dello scavo dei massicci laterali, tolti i quali si eseguiscono i piedritti in sottomurazione; e presentandosi il caso che l'avanzamento progredisca più celeremente dello scavo in grande sezione per modo che sia per farsi sempre maggiore la distanza che separa i due cantieri, nell'interno della piccola galleria ed a quella più breve distanza dalla fronte di attacco per cui non possono essere incagliati i lavori eseguiti colle macchine, si stabilisce un cantiere intermedio di sterro in grande sezione e con questo attacco e con l'attacco principale, che dopo un certo tempo raggiunge l'attacco intermedio divenuto allora principale, si tiene dietro al progresso dell'avanzamento. Quando poi le piccole condotte laterali, per il progredire dell'avanzata, sono divenute talmente lunghe da lasciar temere per questo una diminuzione di tensione nell'aria compressa, immediatamente si dà mano a prolungare la grande condotta che sta nel

canale di scolo per la parte per cui trovasi esso scavato senza aspettare al momento in cui devonsi portare le condotte fuori del canale di scolo per collocarle sulle mensole infisse nei piedritti.

Rimane ancora di accennare alle manovre che si fanno per scavare meccanicamente la galleria di avanzamento, ed ecco quanto sta scritto, relativamente alla perforazione meccanica a Bardonnêche, nella già citata relazione della Direzione tecnica alla Direzione generale delle strade ferrate dello Stato:

« A chi entra in galleria, e ne percorre la lunghezza fino al punto estremo dove lavorano le perforatrici, essa si mostra in tre ben distinte parti. La prima è la parte di già rivestita, e completamente ultimata. Segue la seconda tratta, nella quale hanno luogo i lavori d'ingrandimento; in questa tratta, frammezzo ad una selva di legnami formanti le armature pei rivestimenti, i puntellamenti alla roccia ed i punti di servizio, lavorano i minatori all'allargamento della sezione, i muratori all'innalzamento dei piedritti, gli armatori al puntellamento della roccia minacciante, i legnaiuoli all'erezione delle centine, ed altre squadre di muratori ai vôlti di rivestimento; e tutti questi differenti artieri s'avanzano quasi sempre nello stesso ordine a misura dell'avanzamento totale del lavoro; oltrepassata questa tratta, che si mantiene la più breve possibile, si entra nella galleria preparatoria, scavata con l'aria compressa e con le perforatrici. Questa galleria è come una breccia aperta nella roccia per rendere più facile l'escavazione in grande sezione; ed è dall'avanzamento ottenuto in essa che dipende la celerità ottenibile in tutti i lavori che seguono; per ora le macchine sono applicate solo alla galleria preparatoria, ed il lavoro d'ingrandimento si eseguisce coi metodi ordinari.

« Nella galleria d'avanzamento penetra e si prolunga il binario di ruotaie che attraversa le due prime tratte di galleria, e non finisce che a brevissima distanza dalla fronte d'attacco; ivi viene di mano in mano prolungato con la successiva aggiunta di ruotaie di due metri di lunghezza; il binario ha la larghezza normale dei binari ordinari, e così non è che un tronco della rete di vie di servizio interne ed esterne alla galleria. L'affusto delle perforatrici si muove su questo binario, e può, in caso di bisogno, essere tratto fuori della galleria e condotto sui cantieri esterni al pari dei vagoni di servizio; altri binari di minore ampiezza sono disposti parallellamente al principale, e servono per la circolazione dei piccoli carretti o *vagoncini* sui quali si esportano i frantumi di roccia prodotti dall'esplosione delle mine d'avanzamento. Sotto

il binario principale è scavato un largo solco o fosso continuo, che si prolunga col progredire dell'avanzamento nel quale si collocano i tubi di ferro, che portano all'attacco l'aria compressa, l'acqua ed il gaz-luce. Il fosso poi si ricopre in modo, che i tubi inchiusi non abbiano a soffrire dai detriti di roccia lanciati dalle mine.

« Nella piccola galleria è ricoverato tutto il materiale di perforazione, coi pezzi di ricambio indispensabili; ed il servizio è regolato in modo, che almeno una muta od attacco possa compiersi senza aver da ricorrere nè ai magazzini, nè alle officine per causa di guasti durante il lavoro. Uno dei vantaggi del sistema consiste in ciò, che ogni perforatore è indipendente dagli altri, ed uno o più possono guastarsi senza che abbia a soffrire il lavoro degli altri, e con una pronta surrogazione di perforatore in buon stato si riprende il parziale interrotto lavoro senza discapito del lavoro generale.

« Nella galleria preparatoria sono stabilite due porte di sicurezza, costrutte con travi e grossi tavoloni, e girevoli su due perni. Esse, quando chiuse, costituiscono un riparo efficace contro i sassi lanciati dalle mine d'avanzamento; e, quando aperte, lasciano libera a tutti i movimenti l'intera sezione della galleria.

« Queste porte si trasportano più oltre ogni qual volta la loro distanza dalla fronte d'attacco si è fatta soverchia, cioè quando il lavoro ha progredito da 60 ad 80 metri, giusta le speciali convenienze del servizio.

« La sezione della galleria preparatoria ha una larghezza all'incirca di metri 3,40, ed un'altezza di circa 2,40, e si mantiene lunga quanto basti per lasciar campo sufficiente a tutte le operazioni d'avanzamento, le quali si devono compiere senza ricevere incaglio dai lavori d'ingrandimento, nè a questi essere d'inciampo. Conosciamo, dietro lo schizzo tracciato, l'angusto spazio in cui hanno da compiersi le svariate manovre della perforazione meccanica, e queste ci faremo ora a descrivere.

« L'affusto si presenta alla fronte d'avanzamento armato di 9 o 10 perforatori disposti gli uni paralellamente all'asse e contro il mezzo, gli altri sul perimetro e in direzione divergente dall'asse a destra ed a sinistra, all'alto ed al basso. Ad ogni perforatore sono annessi due tubi flessibili, l'uno per l'aria compressa, l'altro per l'acqua, che si proietta nei fori; attorno all'affusto stanno:

« 1° Un capo-posto;

« 2° Quattro operai meccanici;

« 3° Due scalpellini-minatori;

« 4° Otto lavoranti pel maneggio degli scalpelli;

« 5° Nove operai per la condotta delle macchine, ed il governo dell'aria compressa e dell'acqua;

« 6° Cinque ragazzi specialmente preposti alla manovra di certi organi dei perforatori e all'ugnimento generale dei meccanismi;

« 7° Otto lavoranti addetti al servizio dei perforatori, e due altri per comunicare coi depositi diversi e cantieri esterni;

« In totale 37 persone.

« I lavori sono illuminati col gaz, condotto in fondo alla galleria, come l'aria compressa, in tubi di ferro dal gazometro stabilito all'esterno presso le officine di riparazioni.

« La prima operazione è di determinare i punti convenienti per i fori da praticarsi; questa finita si mettono i perforatori a quella distanza della roccia, che segna la corsa utile dello stantuffo percussore; ogni macchina, essendo indipendente dalle altre, si mette in attività tosto che ogni cosa, che le spetta, è all'ordine, e si prosegue con essa a fare quel maggior numero di fori che è possibile, per modo che i perforatori, che sono in miglior stato, ed hanno a forare una roccia meno difficile, compiono talvolta un numero di fori doppio di quelli che, o si guastano, o lavorano in peggiori condizioni, sia per la posizione che occupano, sia per la natura della roccia.

« Per ogni attacco si praticano mediamente 80 fori della profondità da 75 ad 80 centimetri; il maggior numero di quei fori si pratica verso la parte centrale della fronte d'attacco; dove hassi ad aprire la breccia, che si fa saltare prima di dare il fuoco alle mine del perimetro.

« Finita la perforazione degli 80 fori da mina comincia il secondo periodo della operazione.

« Levate le comunicazioni fra la condotta d'aria e l'affusto, questo viene spinto indietro sino a riescire al riparo dai colpi di mina al di là delle porte di sicurezza; ed i fuochisti, coi loro attrezzi e con la polvere e la miccia, succedono immediatamente ai perforatori per procedere alla carica delle mine; ciò fatto, alla prima volata fanno saltare le mine della breccia, e non applicano il fuoco alle altre se prima la breccia non è aperta; e spesso accade di dover ricaricare delle mine, che nello scoppio non produssero il desiderato effetto. L'opera dei fuochisti è grandemente agevolata da un forte getto d'aria compressa, che si fa irrompere sul fondo della galleria, e scaccia il denso fumo prodotto dalla combustione della polvere.

« Finito lo sparo delle mine i fuochisti abbandonano il campo

agli sgombratori; questi subentrano spingendo avanti e celeremente dei piccoli vagoni, e mentre l'aria compressa continua a defluire dai condotti, per purgare e rinfrescare l'atmosfera, dagli uni si caricano i frantumi di roccia, mentre dagli altri i piccoli vagoni carichi sono spinti fuori del cantiere d'avanzamento al di là delle porte di sicurezza, ove si lasciano a chi è incaricato di far uscire dalla galleria i detriti, e così si prosegue sino a che tutto il pietrame prodotto dall'esplosione delle mine sia stato esportato; e con questa esportazione finisce il terzo ed ultimo periodo dell'attacco. Allora si prolunga immediatamente il binario maestro di una ruotaia, se è il caso, e l'affusto viene nuovamente sospinto contro la roccia per ricominciare un altro attacco; ma a quest'altro attacco prende parte un nuovo personale, mentre i primi operai, una volta messo dietro le porte l'affusto, e ripulite le macchine, cangiate le une e riparate le altre, e rimesso in buon stato gli accessori, hanno finito il loro compito, ed escono dalla galleria.

« Riassumendo le cose dette, si vede che un'operazione completa, che noi diremo *muta*, comprende tre distinte operazioni:

« 1° La perforazione meccanica;

« 2° Lo sparo delle mine;

« 5° Lo sgombro delle materie.

« Dalla rapidità con la quale si compiono queste tre operazioni dipende in parte la celerità o lentezza nell'avanzamento della piccola galleria; diciamo in parte, perchè oltre alla prestezza nella perforazione, un'altra condizione si ha a soddisfare per raggiungere il massimo avanzamento, ed è, che la profondità dei fori sia la più grande compatibilmente col tempo che si vuol consacrare ad una *muta* intiera; sinora, e per molte e diverse cause derivanti dalle condizioni attuali dei meccanismi e dalla istruzione dei lavoratori, credemmo utile di limitarci a due *mute* nelle 24 ore, e dare ai fori tutta l'attendibile profondità, senza nulla usurpare del tempo strettamente necessario allo sparo delle mine ed allo sgombro del pietrame. »

ARTICOLO V.

Sterri subacquei e sterri in terreni o rammolliti o attraversati dalle acque.

46. **Sterri sott'acqua.** — Si chiamano *sterri sott'acqua* quelle smoviture di terreno e quelle spaccature di rocce che devono essere eseguite nell'acqua a profondità maggiore di 15 centimetri.

Gli sterri sott'acqua si possono eseguire colla polvere da mina, allorquando trattasi di spaccare delle rocce, o coll'impiego di opportuni strumenti e di utili meccanismi *effossori*, che convenientemente manovrati possano intaccare il fondo da smuoversi, allorquando lo sterro deve essere eseguito in sostanze terrose; o col porre all'asciutto il sito in cui devesi operare separandolo dalle acque circostanti mediante apposite opere di difesa, e mettendo in azione delle opportune macchine di prosciugamento; o finalmente col discendere sott'acqua dei robusti recipienti inferiormente aperti, in cui si comprime l'aria nell'intento di espellerne l'acqua, e di ottenere così un sito in cui gli operai possano lavorare all'asciutto.

Quanto si è detto nella parte già pubblicata di questo lavoro, al volume che tratta dei Materiali da costruzione, all'argomento dell'estrazione delle pietre, alla pagina 24 ed a[illegible]ro 18, indica a sufficienza come, impiegando la polvere, si p[illegible]no eseguire sotto acqua gli sterri delle rocce; gli sterri con espulsione dell'acqua mediante opportune opere di difesa o mediante l'aria compressa vanno risguardati come lavori che non si poss[illegible]no disgiungere dalle opere di fondazione di cui lungamente si terrà discorso in apposito capitolo; gli strumenti ed i meccanismi effossori da impiegarsi per gli sterri sott'acqua, ed il modo di condurre a compimento questi ultimi, usando di tali strumenti e meccanismi, costituiscono quanto può formare l'assunto del presente articolo.

47. Strumenti e macchine effossorie utili negli sterri sotto acqua. — Per l'esecuzione di sterri con carico d'acqua non maggiore di 50 centimetri si può ancora impiegare il badile per smuovere e per estrarre le terre sciolte e tutte quelle poco compatte: conviene avere ricorso ad altri mezzi allorquando l'altezza del carico d'acqua supera l'indicato limite.

I più semplici fra i mezzi che vengono impiegati per l'esecuzione di scavi sott'acqua a profondità maggiore di 50 centimetri sono le *cucchiaie a mano*, che principalmente si distinguono in due specie: in quelle le quali servono per lo scavamento delle materie sabbiose, ed in quelle che tornano utili per lo scavamento delle materie fangose. Le cucchiaie per scavare materie sabbiose consistono in una cassa di ferro aperta d'innanzi e di sopra, pertugiata sul fondo, resa maneggevole da un manico piuttosto flessibile, di lunghezza proporzionata alla profondità dell'acqua sotto cui si deve operare e perpendicolare al fondo della cucchiaia. Le cucchiaie per lo scavamento di materie fangose hanno solamente il contorno in ferro,

presentano una punta tagliente per penetrare facilmente nella terra, ed il loro fondo è costituito di grossa tela fermata al detto contorno mediante spago fatto passare nei buchi di cui quello trovasi opportunamente munito. — Il maneggio delle cucchiaie vien fatto da uomini posti su una barca o su una zattera rese ben immobili, o all'estremità di un tavolato. Si cala la cucchiaia nell'acqua fino a penetrare il fondo, si sostiene il manico con la spalla e si ritira quando è piena di terra per vuotarla nel mezzo sul quale deve essere trasportata.

Soventi avviene d'incontrare fra le arene o fra il fango dei grossi sassi che non si possono levare colle cucchiaie: quando si presentano simili circostanze, si procura di scalzarli all'intorno e quindi si estraggono con appositi strumenti a lunghi denti e che prendono il nome di *graffi*.

Le descritte cucchiaie tornano vantaggiose per scavare terre non troppo consistenti, per carichi d'acqua non molto grandi, per escavazioni di limitato volume e sopratutto in spazi ristretti, in cui non si saprebbero applicare dei grandi apparati. Quando importa fare dei grandi scavamenti, sotto alti carichi d'acqua, è utile e necessario di aver ricorso a speciali meccanismi, dei quali brevemente si dà la descrizione e l'uso.

Una macchina, che venne utilmente impiegata anche per l'esecuzione di scavi in luoghi relativamente ristretti, è la *noria*, di cui parlano Belidor e Gauthey nei pregievoli loro lavori sull'architettura idraulica e sulla costruzione dei ponti. Questa macchina consiste in due rulli che vanno a contatto del fondo da scavarsi ed in un verricello disposto verso l'alto della macchina. Quando la macchina funziona, tanto i rulli quanto il verricello hanno i loro assi orizzontali e paralleli, ed una catena senza fine, a maglie alternativamente piatte e quadre, ai medesimi si avvolge portando a distanze eguali dei vasi o gerle col loro bordo tagliente per poter intaccare il fondo con cui successivamente si portano in contatto, e bucate per dar passaggio all'acqua che in esse si introduce. I due rulli inferiori sono tenuti a costante distanza l'uno dall'altro mediante due traverse orizzontali che ne sostengono i perni, e queste traverse sono sopportate da quattro ritti verticali denominati elinde. Quattro colonnelli disposti ai quattro vertici di un intelaiatura orizzontale e convenientemente consolidati da saette e da traverse orizzontali, unitamente all'intelaiatura, alle saette ed alle traverse, costituiscono un castello il quale sostiene il verricello guernito d'un riccio o ruota a sei fianchi, tre dei quali sono in

risalto per entrare nelle maglie quadre della catena. Supponendo la intelaiatura orizzontalmente disposta, supponendo tesa la catena senza fine che va dal verricello ai rulli inferiori, e supponendo questi rulli a contatto della terra da scavarsi, se al verricello si imprime un movimento rotatorio, i risalti del riccio passando dall'una all'altra maglia di detta catena fanno successivamente venire in contatto del fondo tutte le gerle e le fanno salire in altro piene delle sostanze scavate per versarle al momento in cui passano sopra il vericello superiore in apposito condotto inclinato formato di tavole, dal quale vengono gettate sul mezzo che è destinato a farne il trasporto. Affinchè la descritta macchina possa agire a diverse profondità importa di poter rendere variabile la distanza fra i rulli ed il verricello, e questa cosa è facile ad ottenersi giacchè le elinde sono verticalmente scorrevoli in apposite guide fissate alle traverse del castello, e la catena è talmente fatta che risulta agevole l'allungarla o l'accorciarla di quanto si crede necessario. Qualora debbasi fare agire la macchina in un terreno difficile a smuoversi, si pongono innanzi alle gerle degli appositi graffi i quali incominciano ad operare la smovitura del terreno in cui quelle devono penetrare. Per mettere in azione l'apparato descritto è necessario avere un palco o ponte di servizio ben stabilito al disopra del sito su cui vuolsi praticare l'escavazione: la macchina, appoggiandola per le traverse inferiori del castello, o si pone direttamente sul palco, o si addossa ad un carretto portato da rulli, o anche si pone semplicemente su rulli. Per mettere in movimento la macchina basta comunicare al verricello un moto rotatorio, e, mediante opportuni organi di trasmissione del movimento, si può questo ottenere sia applicando la forza motrice degli animali, sia quella del vapore.

La noria, di cui or ora si è parlato, si rende conveniente per scavi da eseguirsi in fiumi ed a considerevoli profondità sott'acqua, montata su una barca convenientemente foggiata. — Nello scavo dell'Istmo di Suez, per affondare il canale una volta che ha raggiunti i terreni d'alluvione, si suggerì l'uso di una noria galleggiante, di cui si dà un breve cenno. Verso il mezzo di una barca, della lunghezza massima di 20 metri, della larghezza di 7 metri e dell'altezza di circa metri 2,30, sorge un robusto castello in legno che, a circa 6 metri sopra il pelo dell'acqua porta il verricello orizzontale a risalti, sul quale vengono ad avvolgersi due catene senza fine portanti le gerle destinate a scavare il terreno. Le elinde sono obbliquamente disposte parallelamente al piano verticale diretto

per il mezzo della lunghezza della barca; passando per un'apertura longitudinale lunga circa metri 8,50 e larga circa metri 1,80, portano al fondo da smuoversi un rullo sul quale inferiormente vengono ad avvolgersi le catene senza fine. Una macchina a vapore collocata sulla barca medesima, mediante puleggie e ruote dentate, comunica il necessario movimento di rotazione al verricello; e così si ottiene che le gerle producano l'escavazione del terreno ed il sollevamento delle materie smosse. Un apparecchio, analogo al piano inclinato con tela senza fine, orizzontalmente disposto e sostenuto dalla barca, va da questa fino alla riva: per l'estremità sottostante al sito in cui si versano le gerle della noria riceve le materie sterrate nelle sacche della sua tela senza fine; per l'altra estremità le versa sul piano inclinato disposto lungo la scarpa dello sterro che si innalza fino al rilevato, e così automaticamente vien fatto lo scavo sott'acqua ed il trasporto delle materie che da esso si ricavano.

Avviene soventi al costruttore di dover eseguire degli sterri subacquei in stretti intervalli posti fra file di pali così vicini che non sia possibile l'impiego della noria, ed in cui a motivo della considerevole altezza d'acqua, non risultino sufficienti le cucchiaie a mano. Questo fatto non è raro nei casi in cui entro corsi di acqua si eseguiscono delle palificate prima delle epoche in cui sogliono avvenire le piene, le quali finiscono generalmente col lasciare fra i pali degli interrimenti che è necessario di rimuovere con mezzi diversi dalle cucchiaie a mano, se pure non vuolsi di troppo ritardare il progredimento dell'opera. Una macchina che si è riconosciuta vantaggiosa in simili circostanze è quella del Lamandé, la quale essenzialmente si riduce a quattro elinde disposte ai quattro angoli di un rettangolo, e portanti due ricci o cilindri orizzontali con acuti denti capaci di smuovere il fondo che vuolsi scavare, non che due gerle supine rivolte l'una in senso opposto dell'altra, e ciascuna colla bocca rivolta verso il riccio che le è più vicino. I ricci sono paralleli, sopportati ciascuno da una coppia di elinde e disposti secondo il lato minore del rettangolo, base della macchina; le gerle appoggiano a traverse dirette secondo i lati maggiori del medesimo rettangolo. La macchina si rende capace ad eseguire sterri sott'acqua, collocandola fra due file della palificazione in modo che le elinde siano verticali, che i ricci e le gerle appoggino sul fondo che vuolsi espurgare, ed imprimendo alla medesima un moto progressivo: la gerla che in tale movimento avanza colla bocca innanzi, raccoglie e di mano in mano

trae seco fino all'estremità della palificazione la sabbia smossa dal riccio che la precede; e facendo dopo retrocedere la macchina viene portata all'estremità opposta la sabbia smossa dall'altro riccio. Quanto viene trasportato dalle due gerle all'una o all'altra estremità della palificazione si può raccogliere in fossetti opportunamente scavati da una noria la quale, continuando a funzionare, serve all'innalzamento di tutto lo sterro fatto venire nei fossetti medesimi.

Gli apparati effossori, di cui si è tenuto discorso, sono i tipi principali di quelli che ordinariamente si vedono agire in acque non molto profonde e non agitate, per spurgare e ridurre a superficie presso che orizzontale il fondo di torrenti e di fiumi in quei siti in cui vuolsi operare uno spurgo e conseguire una superficie orizzontale per l'impiantamento di ben stabilite e solide fondazioni. Per gli scavi necessari all'esecuzione di costruzioni marittime si adoperano altri apparati più grandiosi impiegati nello spurgo dei porti e che, per questo appunto, prendono il nome di *curaporti*. Siccome però è scopo di questo lavoro di non estendersi sulle numerose e lunghe costruzioni marittime, ma sibbene soltanto di parlare incidentalmente di alcune di mano in mano che si presenterà il caso, credo male a proposito la descrizione ed il modo di funzionare dei diversi curaporti, i quali si riducono a tre tipi principali: al *curaporti a ruote*, al *curaporti a vite* ed al *curaporti con noria*.

48. **Esecuzione degli sterri sott'acqua.** — Trattandosi di eseguire mediante cucchiaie a mano uno sterro a poca profondità sotto il pelo dell'acqua ed in un sito su cui non si hanno o non si possono manovrare le barche e le zattere, conviene stabilire un palco sostenuto da longarine portate da pali piantati a convenienti distanze nel terreno, e fermato con tavole mobili in modo da poterle trasportare sull'intelaiatura costituita dalle longarine medesime in quelle località in cui devesi eseguire lo spurgo. Il lavoro, che si fa avanzare procedendo successivamente per strisce parallele, si incomincia generalmente ponendo il tavolato in tale posizione da attaccare lo scavo verso una sua estremità, e mettendo all'opera una squadra composta di diversi scavatori. Di mano in mano che progredisce lo scavo, si sposta il tavolato coll'avvertenza di lasciare sempre una comunicazione abbastanza ampia colle rive dello stagno o del corso d'acqua in cui si lavora, sia per comodità dei lavoranti che trovansi applicati allo scavo, sia per la libera circolazione dei mezzi di trasporto. Uno scavo con cucchiaia a mano si può anche attaccare in diversi siti, applicando diverse

squadre di operai, le quali su linee sensibilmente parallele lavorino le une indipendentemente dalle altre.

Quando invece l'acqua sotto la quale devesi operare lo scavo è sufficientemente alta da permettere l'uso di barche, gli operai applicati al lavoro, stando su di queste, calano al basso le cucchiaie e le ritirano piene per versarle nelle barche stesse in cui si trovano o su altre barche esclusivamente destinate al trasporto. Anche nell'operare con barche si procede tenendo un certo ordine, e si fanno queste avanzare di mano in mano che lo scavo progredisce.

Le norie sostenute da impalcature piantate nel fondo da scavarsi si fanno agire secondo direzioni parallele per scavare il terreno compreso fra due file successive di pali sopportanti queste impalcature, e si conducono ad agire fra due altre file tirando su le elinde di quanto basta affinchè i rulli che trovansi alle loro estremità sormontino il livello del palco. Le norie collocate su barche si fanno agire per quanto è possibile in modo che l'escavazione proceda regolarmente per strisce successive e senza lasciare indietro delle prominenze che devono essere sterrate.

Trattandosi di fare uno sterro molto profondo, si incomincia dal levare su tutta l'estensione che va scavata un primo strato; quindi, trattandosi dell'impiego di norie, si fa il conveniente allungamento delle loro catene per scavare un secondo strato, e così si procede finchè siasi portato il fondo al livello voluto.

49. **Sterri in terreni o rammolliti o attraversati dalle acque.** — I terreni che si lasciano penetrare dalle acque e che per questo acquistano un certo grado di fluidità, ed i terreni sabbiosi pei quali si fanno strada delle abbondanti sorgenti, presentano i due casi di sterro in terreni rammolliti e di sterro in terreni attraversati dalle acque. In tali circostanze bisogna porre ogni cura per evitare gli scoscendimenti, e provvedere perciò a prosciugare completamente il terreno rammollito o attraversato dalle acque prima di dar mano al suo scavo. I *pozzi* ed i *fossi di prosciugamento* sono due mezzi che simultaneamente applicati conducono all'economica risoluzione del problema.

I pozzi di prosciugamento si dispongono sull'asse dello scavo se esso estendesi longitudinalmente, si aprono a distanza di 60 ad 80 metri l'uno dall'altro appena si incontra il terreno rammollito o attraversato dall'acqua, ed ordinariamente si assegna loro una sezione quadrata col lato non eccedente metri 1,50. Lo scavo di questi pozzi viene fatto col badile o colla cucchiaia a mano; ap-

pena sono incominciati si piantano sul loro perimetro degli assi-pali posti a combacio, i quali vengono sostenuti da un opportuno quadro in legno orizzontalmente disposto; e quando la profondità dello scavo lo permette, si pone in azione una pompa per tenerlo quasi completamente sbarazzato dalle acque e per poter continuare l'affondamento col badile o colla cucchiaia. — Allorquando la profondità di un pozzo di prosciugamento deve eccedere quella di metri 1,50 al disotto di questo limite, si può continuare l'escavazione sostituendo un cilindro o tubo in lamiera bucata al rivestimento di assi-pali. Lo spessore della parete del tubo può essere di 3 millimetri, di 2 centimetri il lato della sezione quadrata di alcuni cerchi in ferro destinati a consolidarlo internamente, di 1 metro il suo diametro e di metri 1,10 la sua altezza. Detto tubo viene posato nel mezzo del pozzo quadrato già aperto, e si conficca nel terreno battendolo sul bordo mediante una mazza e comprimendolo con un erie a misura che si scava la materia terrosa esistente nel suo interno. Si fa così discendere il cilindro di ferro finchè il suo bordo superiore sia di circa metri 0,10 sotto il suolo che deve avere lo scavo da eseguirsi; e se la sua altezza non è sufficiente a raggiungere questa profondità, se ne pone sovr'esso un secondo e qualche volta anche un terzo, operando l'affondamento dell'intiero tubo che ne risulta come sopra venne detto, ed abbassando convenientemente la pompa a misura che lo scavo progredisce. Scavato il pozzo in modo da trovarsi il bordo superiore dell'anello inferiore del tubo a circa metri 0,10 al di sotto del suolo che deve avere lo scavo da praticarsi, si fa fortemente funzionare la pompa, a cui se ne aggiunge una seconda e talvolta anche una terza, quando è considerevole la quantità d'acqua che viene a raccogliersi nel pozzo; e dopo un tempo più o meno lungo si arriva generalmente a prosciugare un'estensione presso che circolare col centro in quello del pozzo.

I soli pozzi di prosciugamento, che possono bastare allorquando è quistione di prosciugare su poca altezza un terreno molto esteso in lungo ed in largo, riescono insufficienti, salvo che si facciano molto vicini ed assai profondi, quando trattasi di operare il prosciugamento ad una notevole profondità, e riescono dannosi allorquando devesi prosciugare uno strato di terreno estendentesi considerevolmente nel senso longitudinale e poco nel senso trasversale, come avviene negli scavi per trincee, per gallerie, per condotti sotterranei. In questi casi si ottiene un prosciugamento pronto ed energico stabilendo i pozzi ancora a distanza di 60 a 80 metri,

e praticando dall'uno all'altro dei fossi di prosciugamento in cui vengono a colare le acque attraversanti il terreno, per essere poi portate nei pozzi dai quali sono estratte mediante pompe.

I fossi di prosciugamento si praticano nel bel mezzo del terreno che vuolsi rendere asciutto, e basta ordinariamente di assegnare loro una larghezza di metri 0,80 con una lieve pendenza verso i pozzi in cui hanno capo per rendere facile lo scolo delle acque. Lo scavo di un fosso di prosciugamento in un terreno rammollito od attraversato dalle acque deve essere incominciato partendo dai pozzi fra i quali esso cade, si deve far procedere per sterri successivi non profondi più di metri 0,25, ed immediatamente si devono rivestire le sue pareti con tavoloni aventi pure larghezza non maggiore di metri 0,25, e disposti con tale dimensione verticale. Fatto questo primo scavo per tutta la lunghezza del fosso, si continua il suo affondamento per altri metri 0,25, si fanno discendere i tavoloni di rivestimento fino al fondo percuotendoli con una mazza, e sopra il filare così affondato se ne pone un secondo. Per rendere facile la discesa del primo corso di tavoloni si possono essi munire di un tagliente in ferro alla loro estremità inferiore, e per mantenere il rivestimento contro le pareti dello scavo è necessario di porre dei ritti verticali a distanza di metri 1,50 a 2, e di ritenerli contro i tavoloni mediante opportuni puntellamenti. Collocato a sito su tutta la lunghezza del fosso il secondo filare dei tavoloni di rivestimento, si dà mano a scavare nuovamente onde porre un terzo filare sui due primi, la qual cosa vien fatta scavando la terra o la sabbia col badile o colla cucchiaia, e quindi facendo contemporaneamente discendere i tre filari di tavoloni col battere fortemente su quello superiore, dopo di aver leggermente allentati i puntellamenti. Continuando così il lavoro di scavare per strati successivi dell'altezza di circa metri 0,25, e di porre l'uno sull'altro i filari dei tavoloni di rivestimento, si deve discendere almeno fino a circa metri 0,10 al di sotto del suolo dello scavo che vuolsi definitivamente eseguire, e raggiunta una tale profondità il fosso di prosciugamento sarà terminato. Nel porre a sito i tavoloni di rivestimento bisogna badare a che essi non combaccino troppo esattamente nelle commessure, perchè altrimenti risulterebbe difficile lo scolo delle acque.

Col metodo dei pozzi e dei fossi di prosciugamento, di cui si è tenuto parola, è possibile di attraversare più metri d'altezza in un terreno di sabbia finissima attraversato da acque che lo rendono facile a dilamazioni ed a scoscendimenti sotto tagli di piccolissima

altezza, e di eseguire lo sterro come nei terreni sabbiosi asciutti; ed a Parigi, attraversando metri 1,50 e talvolta 2 metri dello strato di sabbia nel quale si trovano le acque dei pozzi di detta città, si riuscì a poter compiere gli scavi necessari per l'esecuzione di parecchi principali condotti sotterranei.

CAPITOLO II.

Opere di consolidamento degli scavi e dei rilevati.

ARTICOLO I.

Opere ordinarie per il consolidamento di scavi, per la formazione e per il consolidamento di rilevati.

50. **Stabilimento delle scarpe.** — Nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'*arte di fabbricare*, al volume che tratta dei Materiali da costruzione, al numero ed alla pagina 43, già si è indicato cosa intendesi per *declivio naturale* delle terre, e si è data una tabella, in cui per le principali qualità di terra si trovano registrati gli angoli dei loro declivi naturali coll'orizzonte e colla verticale, le pendenze e le scarpe sotto le quali esse si sostengono. I numeri registrati in quella tavola possono valere per la determinazione delle scarpe che convengono nei tagli in trincea e nei rilevati, se pure non si credono sufficienti i dati che immediatamente seguono, facili a ritenersi, che vengono adottati dalla maggior parte dei pratici, e che si possono riassumere:

1° Che le terre sabbiose e sciolte si sostengono con una scarpa di 3 di base per 2 d'altezza;

2° Che per le terre ordinarie è generalmente sufficiente una scarpa di 1 di base per 1 d'altezza;

3° Che le terre argillose asciutte possono anche sostenersi con una scarpa di 4 di base per 5 d'altezza;

4° Che le terre argillose umide esigono una scarpa di 2 e talvolta anche di 3 di base per 1 d'altezza;

5° Che pei tufi e pei terreni schistosi teneri basta una scarpa di 1 di base per 2 d'altezza:

6° Che pei tagli nelle rocce di mediocre consistenza si può assegnare una scarpa di 1 di base per 4 d'altezza;

7° Che pei tagli nelle rocce dure e compatte è prudente adottare scarpe aventi 1 di base per 10 di altezza.

Per eseguire regolarmente e col voluto pendìo le scarpe delle trincee e dei rilevati si dispongono a convenienti distanze delle sagome formate con listelli di legno, e gli operai incaricati dell'esecuzione del lavoro, aggiungendo terra dove ne manca e togliendone dove è in eccesso, fanno in modo che la superficie della scarpa venga a passare per quella determinata dalle sagome.

51. **Formazione dei piccoli rilevati, pigiatura e compressione delle terre.** — I rilevati per strade ordinarie, per canali, per argini, e tutti quelli che non esigono grandi trasporti di terra, si eseguiscono generalmente per strati regolari o *cordoli* successivi, e soventi si prescrive la *pigiatura*, che è quell'operazione mediante la quale vien battuta la terra di riporto.

La pigiatura si eseguisce, disponendo le terre per strati regolari o *cordoli* di altezza uniforme non maggiore di 25 centimetri, in modo che, operando il loro versamento, i successivi trasporti e scarichi coi veicoli si facciano progressivamente sul solido che va formandosi; e pestando gagliardamente ciascun cordolo per tutta la sua estensione.

Per pigiare le terre suolsi impiegare la *mazzaranga* del peso di 12 a 15 chilogrammi, la quale consiste in un tronco cilindrico o leggiermente conico di legno, lungo circa 90 centimetri, munito alla sua estremità inferiore di un robusto rivestimento in ferro, ed attraversato diametralmente all'estremo superiore da un legno cilindrico che, sporgendo da una parte e dall'altra del tronco, costituisce le due impugnature, le quali servono a maneggiare la mazzaranga.

Allorquando le circostanze locali lo permettono, con molta economia nella mano d'opera e con buona riuscita del lavoro, si può trar partito dell'acqua per la compressione dei rilevati.

52. **Seminagione e piantamenti.** — Nelle seminagioni, le quali vengono fatte coll'intento di inerbare la superficie delle scarpe delle trincee, e più frequentemente dei rilevati per consolidarle e per renderle meno facili a scoscendere, si impiegano generalmente come sementi i grani di fieno, i quali, dopo la costruzione della scarpa che deve essere inerbata, si spandono ordinariamente a mano. Fatto lo spandimento dei semi importa di procedere all'operazione per cui vengono coperti dalle terre e dall' innaffiamento,

La seminagione sulle *scarpe dolci*, ossia su quelle scarpe il cui angolo d'inclinazione all'orizzonte è minore di 30 gradi, si eseguisce quando sono terminate, cioè quando sono conguagliate e refilate. Per fare quest'operazione si copre prima la scarpa con un leggiero strato di terra fina alto da 2 a 3 centimetri, su questo si spande la semente, col rastrello di legno si procura di sotterrare i grani, si procede all'innaffiamento con un innaffiatoio da giardiniere o con un altro mezzo che serva al medesimo scopo, e quindi si regolarizza il terreno smosso.

Per seminare una *scarpa forte*, ossia una scarpa il cui angolo coll'orizzonte è maggiore di 30 gradi, su ciascun cordolo e prima di mazzarangarlo, si spande la semente in modo uniforme tanto sul suo paramento quanto sul suo filare, fino a 1 decimetro all'indentro di detto paramento.

Invece della seminagione si ha talvolta ricorso ai piantamenti di piante facili a far presa, e che prontamente spandono le loro radici nella massa che devono rattenere. I piantamenti di robinia sono quelli che più di frequente veggonsi impiegati. Per eseguire questa operazione si scavano sulle scarpe da consolidarsi in direzione delle loro linee di livello e ad eguali distanze orizzontali, dei piccoli fossi, ed in questi si pongono, e convenientemente si circondano della terra data dallo scavo, le piantine che, crescendo, spandono le loro radici nella massa terrosa, e che formano come un folto bosco, il quale investe le scarpe. I piantamenti per consolidare le scarpe si governano generalmente a ceppate.

53. **Impellicciatura** — L'*impellicciatura* è l'operazione con cui immediatamente si inerbano le scarpe degli scavi, e più generalmente dei rilevati, piantandovi delle piante erbacee, o rivestendole con coteuue erbose, dette comunemente *piote*, della lunghezza di 30 a 60 centimetri, della larghezza di 20 a 40 centimetri e dello spessore di 6 a 15 centimetri.

L'impellicciatura con piante erbose dicesi *graminacea*, e si può essa eseguire nel seguente modo: preparata e regolarizzata la scarpa che deve essere impellicciata, si disponga al suo piede uno strato di buona terra vegetale presentante lo spessore di 20 a 25 centimetri, ed elevantesi fino all'altezza di circa 60 centimetri. Battuto colla mazzaranga questo primo cordolo di terra vegetale, spianata a livello la sua superficie superiore, e refilata la faccia esterna apparente giusta l'inclinazione che deve avere la scarpa, si dispongano per filari ben allineati ed orizzontali le piante graminacee in modo che non si tocchino, ed in modo che le loro

radici risultino conficcate nel terreno. Si umetti la terra, su cui si è fatto il piantamento, di mano in mano che questo progredisce; quando l'operazione è terminata sulla faccia apparente del primo cordolo di terra vegetale, se ne stabilisca un secondo, facendo su esso ciò che si è fatto pel primo; e così procedendo per cordoli successivi si compia l'impellicciatura graminacea fino alla sommità della scarpa.

Le impellicciature di piote si devono costrurre con cotenne fresche refilate in isquadro, e tagliate in modo da presentare uno spessore uniforme, posandole per filari orizzontali ed allineati colla funicella, ben serrate le une alle altre, a giunture alternate, ed impiegando le piote maggiori pei filari più bassi che devono servire di fondazione. Queste impellicciature si possono eseguire o con piote posate di piatto, cioè coll'erba al disopra, o con piote posate di coda, cioè coll'erba al di sotto; e tanto nell'uno quanto nell'altro caso si spiana e si conguaglia il terreno in modo che ponendo su esso le cotenne ne risulti la scarpa colla superficie effettivamente progettata. Distesa dopo poco terra vegetale sul terreno così preparato, si dispongono le piote come sopra venne detto, coll'erba al di sopra o coll'erba al di sotto, secondo che vuolsi fare un'impellicciatura con piote posate di piatto o con piote posate di coda, e, bastantemente umettate, si procede al riempimento di tutte le commessure con terra vegetale ridotta a minutissimi grani. La stabilità delle impellicciature con piote posate di piatto esige che le scarpe, su cui si stabiliscono siano ben assodate, e per lo meno da sei mesi allorquando trattasi di rilevati.

Talvolta, principalmente sulle scarpe forti, si fa sentire il bisogno di consolidare le impellicciature mediante palotti conficcati in ciascuna piota. In generale si impiegano tre palotti del diametro di 2 centimetri al capo grosso e della lunghezza di 30 a 35 centimetri per ogni piota: uno dei tre palotti si conficca nel centro della cotenna, e gli altri due verso il lato superiore o verso il lato inferiore.

54. **Incamiciate di fastelli.** — Le incamiciate di fastelli si fanno scavando al piede della scarpa, che vuolsi consolidare, un fossatello della larghezza di metri 0,30, della profondità di metri 0,15, e conguagliato in modo che il fondo riesca parallelo al ciglio del rivestimento. Detto fossatello deve essere tale che il suo labbro esterno risulti nello stesso piano della faccia dalla scarpa definitiva; sul suo fondo si posa un primo filare di fastelli coi nodi delle ritorte rivolti verso l'interno della massa da rivestirsi ed in-

testati a piene commessure col conficcare il capo dell'uno nella testa dell'altro; e mediante palotti della lunghezza di circa metri 0,80 e colla circonferenza al capo grosso compresa fra metri 0,16 e metri 0,19, si consolida il filare di fastelli così disposto, piantandoli verticalmente a distanza di circa metri 0,90 in modo da attraversare i fastelli secondo il loro asse, ed in modo da trovarsi i loro capi affondati nei fastelli medesimi per una profondità di metri 0,02 a 0,03. Posato, come si è detto, il primo filare dei fastelli, si appoggia a ridosso un cordolo di terra che immediatamente si deve ben mazzarangare, e quindi si dispone un secondo filare di fastelli ed un secondo cordolo di terra ben battuta, poi un terzo filare ed un terzo cordolo e così di seguito, assoggettando i diversi filari ed i corrispondenti cordoli a seguire la scarpa che vuolsi definitivamente ottenere. — Nell'esecuzione delle incamiciate di fastelli si porrà attenzione a non far coincidere le intestate di un filare con quelle del filare inferiore; il conficcamento dei palotti nel mezzo di ciascun filare verrà fatto in modo che, senza ledere alla verticalità, vengano essi ad attraversare anche il filare immediatamente sottoposto prima di andare a perdersi nella massa terrosa; e finalmente si renderà più solida l'incamiciata, legandola di tratto in tratto, e mediante ritorte, a robusti palotti saldamente piantati ed internantisi di circa 1 metro nel terreno.

55. **Incamiciate di graticci.** — Per fare un graticcio si incomincia dal conficcare in terra dei palotti a convenienti distanze, quindi si parte dal basso con due gorre che si incrocicchiano fra ciascun palotto in modo che siano alternativamente sotto e sopra, e così si continua, impiegando quel numero di gorre che è necessario per arrivare al termine del graticcio. I capi di ciascuna gorra si tagliano a penna al di là dei palotti per ove devono cominciare o finire, e si pone ogni cura per fare in modo che detti capi si trovino nella faccia del graticcio che, messa in opera, non è per rimanere visibile. A ciascuna delle due estremità di un graticcio esiste sempre un palotto, intorno al quale s'intrecciano alternativamente in uno poi in un altro senso le gorre, torcendole per lo meno di tre in tre cordoli, onde rendere ben fermi i detti palotti estremi. Durante l'operazione di incrocicchiare le gorre intorno ai palotti si battono di tanto in tanto le gorre con un mazzuolo di legno, e si cessa il lavoro quando il graticcio trovasi elevato a circa metri 0,05 al di sotto delle teste dei palotti.

I graticci per incamiciate si fanno continui per tutte le estensioni delle scarpe che devono consolidare; nel medesimo tempo si

costruiscono queste e quelli, e le terre addossate vengono ben pestate per cordoli colla mazzaranga. I pali del graticcio si conficcano in terra secondo l'inclinazione della scarpa, si intrecciano colle gorre che formano il tessuto, ed il rivestimento ultimato, deve essere consolidato mediante ritorte che legano il graticcio a robusti palotti di ritegno conficcati nella massa terrosa.

I palotti si pongono distanti da asse ad asse di metri 0,20 a metri 0,30, e si può ritenere che siano convenienti: quelli la cui circonferenza è di metri 0,12 quando devono avere lunghezza minore di 1 metro; quelli la cui circonferenza è 1/8 della loro lunghezza quando questa eccede l'indicato limite di 1 metro.

Talvolta si fanno dei graticci, i quali non devono essere impiegati nel luogo di loro costruzione: in tale circostanza la loro lunghezza difficilmente eccede metri 2,50, e, quando il tessuto è terminato, bisogna spiccare con precauzione i palotti da terra, stringendoli alternativamente nel basso ed in cima con ritorte, le quali per due giri leghino cinque o sei gorre agli estremi dei palotti medesimi su cui sarassi praticata una tacca per impedirne lo scorrimento.

56. **Incamiciate di gabbioni e di buzzoni.** — I gabbioni sono cilindri vuoti formati da gorre intrecciate con palotti disposti ad eguali distanze attorno alla periferia della base, e normalmente alla base medesima. Per fare un'incamiciata con gabbioni si incomincia dal ridurre orizzontale una striscia di terreno posta al piede della scarpa che vuolsi difendere; sulla superficie così preparata si segnano diverse circonferenze direttrici dei gabbioni l'una a contatto dell'altra; verticalmente si conficcano nel terreno su dette circonferenze e ad eguali intervalli tanti palotti quanti se ne credono necessari ad ottenere un robusto tessuto, che viene fatto mediante due gorre intralciate attorno ai palotti colla cura di far perdere i capi nell'interno del gabbione; e così si continua il graticcio sino a metri 0,05 sotto le estremità superiori dei palotti, battendo di tanto in tanto le gorre con un mazzuolo in legno o comprimendolo coi piedi per rendere più fitto il tessuto. Terminata una serie di gabbioni, si procede al loro collegamento, legando assieme verso le estremità, e mediante ritorte, un palo dell'uno col palo vicino del successivo; si riempiono di terra affinchè non possano essere svelti; si colloca della terra a ridosso per cordoli regolari ben mazzarangati; e finalmente si corona alla sommità di un filare di fastelli intestati fra loro, tenuti fermi dalle punte dei gabbioni e disposti sul graticcio.

Per un gabbione del diametro di metri 0,60 ed avente l'altezza

del graticcio di 1 metro, si possono impiegare sei palotti aventi il diametro di metri 0,03 a 0,04 nel capo grosso e colla lunghezza di metri 1,20; cosicchè l'affondamento dei palotti nel terreno è di metri 0,15.

Anche i gabbioni, analogamente a quanto si è fatto osservare pei graticci, si fanno talvolta in un sito diverso da quello in cui devono essere impiegati: allora, alternativamente ad un palotto sì e ad un palotto no, si ferma in alto il tessuto con una ritorta piccola, legando assieme cinque o sei gorre; si spicca dopo il gabbione da terra, si capovolge, e nuovamente si ferma in basso il graticcio ai palotti sui quali non venne fissato in alto.

Le incamiciate di buzzoni si fanno in modo analogo a quello indicato per eseguire le incamiciate di gabbioni. I buzzoni però, invece di essere a base rotonda, hanno base rettangolare; la loro lunghezza suole generalmente essere di 2 metri, la larghezza da 1 a 2 metri, e l'altezza di circa metri 0,50.

Le incamiciate con gabbioni vengono soventi impiegate nelle opere militari per fortificazioni, ma quasi mai nelle altre costruzioni.

57. **Muri a secco.** — I *muri a secco*, che sono ammassi di pietrame aventi forma e dimensioni determinate, e composti di pietre di diversa grossezza accuratamente disposte in modo che non possano cangiare di posizione, si costruiscono talvolta come cinte per limitare date superficie; talvolta come sostegni di terrapieni di poca altezza; talvolta quali incamiciate per consolidare delle scarpe di terre facili a scoscendere. Le cinte a secco si elevano verticalmente; i sostegni si costruiscono generalmente a scarpa dalla parte esterna, ed a riseghe od anche verticali dalla parte verso cui trovansi in contatto colle terre: le incamiciate si fanno giusta il pendio delle scarpe che vogliosi difendere da scoscendimenti.

58. **Muri a secco per cinte e sostegni.** — Il pietrame digrossato è generalmente il materiale che suolsi impiegare per la formazione di detti muri, i quali esigono ben stabilite fondazioni per risultare solidi e non soggetti a spostamenti.

Le fondazioni per un muro a secco verranno fatte scavando prima una specie di fossa nel senso della sua lunghezza per rimuovere la terra cedevole e di cattiva qualità, e stabiliendo l'imbasamento sulla terra soda, sulla ghiaia o sulla sabbia coll'impiegare il più grosso pietrame digrossato e col metterlo di piatto sul proprio letto naturale. Il primo corso di pietrame verrà posato sul

fondo della fossa, consolidando ciascun pezzo col calzarlo di frantumi della stessa pietra per modo che non possa menomamente spostarsi; si riempiranno i vuoti e le commessure che in esso rimangono con sassolini, con ghiaia e con terra umida, e quindi si batterà in guisa da assettarlo il più solidamente possibile e da far penetrare la terra in tutti i vuoti. I filari che seguono il primo dovranno essere eseguiti colle medesime cure, e si conserveranno per lo strato superiore delle fondazioni i pezzi che presentano piane delle estese facce di posa.

I corsi, che devono rimanere fuori terra, e che più non fanno parte delle fondazioni, saranno sempre fatti in modo da avere un buon collegamento delle diverse pietre, ma non si impiegherà più terra, nè più si batteranno i filari. Il pietrame che, messo in opera, deve presentare delle facce viste, sarà ben assettato ed accuratamente calzato di scaglie verso la coda anzichè verso la fronte. Il lavoro deve procedere per strati orizzontali, ed anche alle pietre centrali bisognerà procurare una base solida coll'impiego opportuno di scaglie, e giammai l'ingegnere dovrà permettere che si dispongano regolarmente le sole pietre che devono rimanere sulle facce viste, e che fra queste si pongano, senz'ordine e senza cura, quelle che devono formare il nucleo del muro.

Gli spessori dei muri di cinta dipendono per la massima parte dalla loro altezza; gli spessori dei muri di sostegno per terrapieni vanno subordinati all'altezza non solo, ma anche alla natura delle terre; in via di semplice approssimazione si può ritenere, che la grossezza di quelli non debba essere minore di 1/4 dell'altezza, e che lo spessore di questi alla sommità debba essere di circa metri 0,70 quando hanno parete interna verticale e parete esterna inclinata ad 1 di base per 6 a 4 d'altezza.

59. **Muri a secco per incamiciate.** — I muri a secco, destinati a rivestire le scarpe delle trincee e dei rilevati, onde impedirne gli scoscendimenti, devono presentare un'inclinazione presso a poco eguale al naturale declivio delle terre, se pure vuolsi che la loro spinta non tenda a dissestarli. Nella costruzione di questi muri si poseranno le pietre per corsi regolari in modo che la loro lunghezza risulti sempre normale alla superficie che si riveste; e quando per meglio consolidare l'opera si crede necessario l'impiego di *leghe di pietra*, verranno queste collocate sopra uno strato ben conguagliato e battuto di frantumi e di ghiaia per evitare qualunque spaccatura che potrebbe manifestarsi nell'assettamento del muro.

La grossezza da assegnarsi ad un'incamiciata, da farsi presso a poco sul pendìo naturale delle terre, dipende dalla sua altezza, ed in via pratica si può ritenere come oscillante fra metri 0,75 e metri 1,50.

Le incamiciate a secco sopra un rilevato si devono fare in seguito ad un buon assettamento delle terre, e qualora non sia possibile di aspettare il compimento di tale assettamento è necessario di procedere ad una compressione artificiale. Ponendo a ridosso del frontale interno del rivestimento un grosso strato di sabbia, si impediscono le alterazioni che soventi si manifestano col cambiamento di volume che provano le terre rivestite per le alternative di umidità e di secchezza.

60. **Fossi, banchine e cunette.** — Le acque le quali, o per filtrazioni o per piogge, si portano al fondo delle trincee, ridurrebbero questo impraticabile ed allo stato di fango, qualora non venissero esportate da fossi che generalmente soglionsi disporre nel senso longitudinale al piede di ciascuna scarpa. La sezione di questi fossi varia colla quantità d'acqua che questi devono raccogliere, e si può ritenere che assegnando alle pareti la scarpa che compete al naturale pendìo delle terre, la loro larghezza al fondo debba essere di metri 0,35 a metri 0,45, e la loro altezza di metri 0,35 a metri 0,75.

Nelle grandi trincee, onde impedire che le acque dei terreni superiori vengano in gran copia a riversarsi nel loro interno, passando con impeto sulle scarpe e danneggiandole, si praticano soventi dei fossi longitudinali superiormente al ciglio supremo di quelle scarpe che possono essere danneggiate, e che, raccogliendo le acque e trasportandole ove non possono fare guasti, concorrono in parte a rimuovere i pericoli di scoscendimenti. Bisogna però fare in modo che questi fossi abbiano una pendenza considerevole, ed è loro necessaria un'accurata manutenzione, affinchè non vengano a stagnare in essi le acque, le quali, anzichè servire a riparare le scarpe, sarebbero causa di scoscendimenti e di sicuro loro deperimento.

Nel caso di rilevati eseguiti su terreni con superficie inclinata in senso inverso alle scarpe, bisogna anche scavare dei fossi longitudinali ai piedi delle scarpe per dar scolo tanto alle acque che arrivano dai rilevati quanto a quelle che vengono dalle adiacenti campagne, se pur voglionsi impedire gli impaludamenti ed i rammollimenti del terreno che, oltre di essere funesti agli uomini, agli animali ed all'agricoltura, finiscono talvolta per compromettere la stabilità e la fermezza del rilevato.

Sulle scarpe di trincee molto profonde, per arrestare le pietruzze, i ciottoli ed i piccoli ammassi di terra che, venendo a cadere dai loro punti più alti, acquisterebbero velocità tanto forti da poter danneggiare le scarpe ed ostruire i fossi sottostanti, si praticano a distanze verticali di 3 a 4 metri, incominciando dai piedi delle scarpe ed immediatamente dopo i fossi, delle banchine orizzontali e talvolta con lieve inclinazione in senso opposto a quella delle scarpe medesime. Nelle circostanze ordinarie basta di assegnare alle banchine una larghezza di metri 0,75.

Qualche volta sulle banchine si scavano dei fossi destinati a raccogliere le acque che cadono sulle parti superiori delle scarpe, e che altrimenti, giungendo alle parti inferiori delle scarpe medesime con troppa velocità, potrebbero danneggiarle. Le acque raccolte in detti fossi si portano a quelli che corrono al piede delle scarpe, mediante *cunette* disposte secondo linee di maggior pendio, e che vengono fatte in muratura, o mediante piote ben unite. I fossi posti sulle banchine vanno risguardati come divisi in due tronchi fra due cunette successive, e ciascuno di questi tronchi deve avere una lieve pendenza verso la cunetta posta al suo estremo.

ARTICOLO II.

Opere di consolidamento per grandi trincee.

61. Casi in cui sono necessarie opere di consolidamento per trincee. — Nei terreni ordinari e per trincee di poca profondità, alle cui scarpe siansi assegnate pendenze conformi a quanto si è stabilito al numero 50, non occorrono opere di consolidamento, le quali si rendono invece indispensabili per trincee piuttosto profonde e nei seguenti casi:

1° Quando, essendo le terre in circostanze ordinarie, voglionsi dare alle scarpe pendenze maggiori di quelle che competono alla natura delle terre stesse nell'intento di diminuire lo scavo, e quindi di alleviare la spesa di sua esecuzione;

2° Quando i terreni che si attraversano sono costituiti da strati permeabili all'acqua, intercalati con strati impermeabili, ed inclinati dall'alto al basso verso gli scavi in essi praticati;

3° Quando le trincee vengono praticate in terreni che per una considerevole altezza trovansi penetrati e rammolliti dalle acque;

4° Quando s'incontrano terreni sabbiosi, resi mobili per la presenza di abbondanti acque, dalle quali sono attraversati.

Le opere di consolidamento delle trincee devono essere dirette ad impedire gli scoscendimenti delle loro scarpe e a dar libero scolo alle acque, che sono sempre le cause principali di funesti accidenti; e nei numeri che immediatamente seguono trovansi esposti i principali sistemi con cui si possono eseguire questi importanti lavori.

62. **Scoscendimenti nei terreni costituiti da strati alternativamente permeabili ed impermeabili all'acqua.** — In questi terreni avviene che l'acqua, attraversando gli strati permeabili e fermandosi a quelli impermeabili di natura argillosa, forma una lama liquida al di sopra dell'argilla la quale, rammollita alla superficie e divenuta liscia e saponacea, lascia sdrucciolare al fondo della trincea le terre di alcuni strati superiori. Questi scoscendimenti, una volta incominciati, si estendono a grandissime distanze; e per porsi al riparo dei gravi danni che vi possono apportare, sono necessarie delle opportune precauzioni, le quali, ammessa l'ipotesi del semplice scorrimento prodotto dall'inclinazione degli strati e dalla sostanza saponacea che fra essi si forma, si riducono semplicemente a raccogliere l'acqua in modo che, presso la scarpa che vuolsi consolidare, non venga a formare delle lame interposte agli strati permeabili ed a quelli impermeabili. Le pietraie, di cui si parla nel numero che segue, soddisfano in modo semplice ed abbastanza bene allo scopo.

63. **Pietraie pel consolidamento di scarpe di trincee aperte in terreni a strati alternativamente permeabili ed impermeabili all'acqua.** — Per fare una pietraia si pratica una fossa A di sufficiente larghezza parallelamente alla direzione dello scavo, come si vede nella figura 36, in cui è rappresentata la sezione trasversale dell'opera, approfondandola fin sotto il livello del fondo B della trincea, inclinandola verso le estremità in modo che le acque in essa raccolte possano avere libero scolo e riempiendola di pietre spaccate. La fossa A viene generalmente aperta colle sponde verticali o quasi verticali, e mediante opportuni puntellamenti si impedisce che esse presentino degli scoscendimenti all'atto della loro esecuzione. Le pietraie ricevono tutte le acque che vengono dal di sopra, e che potrebbero danneggiare le scarpe, e le rendono innocue, portandole a colare per le loro estremità. I puntellamenti in legno non si fanno solamente nello scopo di sostenere le terre allorquando si scava la fossa, ma anche per meglio opporsi ad ogni scoscendimento; imperocchè risulta agevole il comprendere che, manifestandosi una tendenza di scorri-

mento del masso C sulla superficie *ab*, l'armamento in legno *cd* non permetterà che questa tendenza si trasmetta energicamente al masso D sovrastante alla superficie *ef*, e che ne produca il rovesciamento al fondo della trincea.

64. **Opinione dell'ingegnere Chaperon sugli scoscendimenti nelle trincee aperte in terreni argillosi.** — Se attentamente si esamina la struttura del terreno nei colli argillosi, facilmente si riconosce essere esso il risultato di una serie secolare di movimenti negli strati superiori; che l'intiera massa non presenta che un equilibrio instabile, il quale frequentemente viene turbato da disgeli e da continuate piogge; e che quest'equilibrio non può mantenersi appena manca la condizione di un solido appoggio delle parti superiori sulle inferiori. Or bene, aprendo una trincea in un tale terreno, per piccola che sia la sua profondità, si alterano le condizioni d'equilibrio delle parti che lo costituiscono, e di necessità si devono manifestare degli scoscendimenti, o al momento stesso dell'escavazione o in epoche più o meno lontane, quando i disgeli e le acque, cadute alla superficie del suolo ed introdottesi per l'esistenza di fessure e di strati permeabili nel seno della massa argillosa, l'avranno rammollita, scemando notevolmente la coesione delle sue particelle costituenti.

L'ingegnere Chaperon in una sua memoria (*Annales des ponts et chaussées*, anno 1853) attribuisce i grandi scoscendimenti e gli scorrimenti, che si manifestano nei terreni argillosi in seguito all'aprimento di trincee, all'indicata rottura d'equilibrio; dice che per arrestare o per prevenire i funesti accidenti che da essa possono derivare è necessario di stabilire un ritegno artificiale che valga a produrre contro il masso squilibrato gli stessi effetti che erano prodotti dalle terre tolte; e propone di costrurre ai piedi delle scarpe soggette a scoscendere dei muri di sostegno a secco di grande spessore, i quali, permettendo lo scolo delle acque insinuatesi nel terreno, siano bastanti a mantenere colla loro massa l'equilibrio, le cui condizioni furono profondamente modificate pel fatto dell'aprimento della trincea.

65. **Incamiciate e muri di sostegno a secco pel consolidamento di scarpe di trincee aperte in terreni argillosi.** — Le incamiciate a secco si possono praticare dando alle scarpe, sulle quali devono esse disporsi, una pendenza minore di quella che compete al naturale pendio delle terre, e rivestendo queste scarpe con un muro a secco, come appare dalla figura 37, rappresentante una sezione trasversale dell'opera. Il muro a secco è generalmente

costituito, da una parte interna A formata di pietrame informe, e da un rivestimento B fatto con pietrame lavorato, e accuratamente disposto in guisa da risultare normali alla superficie rivestita *i* letti d'unione dei filari longitudinali. Due banchine *a* e *b* si trovano una al piede e l'altra verso la sommità dell'incamiciata, la quale, al di sopra della banchina superiore *b* viene generalmente prolungata per un piccolo tratto, come si vede in C. Al di sotto della banchina inferiore *a* conviene di tratto in tratto stabilire dei piccoli vôlti di consolidamento, i quali servono al duplice scopo di tener ferma l'incamiciata e di impedire che il piccolo muro a secco E venga a rovinare nel fosso F, in cui si raccolgono le acque che filtrano pei vani delle pietre.

I muri di sostegno a secco, siccome appare dalla figura 38 che rappresenta una sezione trasversale e la proiezione orizzontale di una scarpa consolidata con questo mezzo nella circostanza di un terreno argilloso sottostante ad un terreno permeabile all'acqua, si possono costrurre impiegando pietrame lavorato ed adottando il seguente sistema: si taglia il terreno argilloso dando alla scarpa *ab* una pendenza assai piccola, per esempio 3 di base ed 1 di altezza; al piede di questa scarpa si eleva un muro a secco A non molto alto, e consolidato di tratto in tratto da contrafforti B; nella parte C di questo muro, la quale serve di fondazione, si lascia il fosso *f* destinato ad esportare tutte le acque che filtrano pei vani esistenti fra pietra e pietra, e che in esso vengono a raccogliersi. La scarpa *ab* del terreno argilloso si riveste generalmente con piote, ed alla scarpa *bc* del sovrastante terreno permeabile si dà il naturale pendio che ad essa corrisponde.

66. **Opinione dell'ingegnere Sazilly sugli scoscendimenti nelle trincee aperte in terreni a strati permeabili all'acqua e a strati argillosi.** — L'osservazione che i metodi ora descritti non riescono sempre bene, ed il fatto che non di raro si manifestano degli scoscendimenti presentanti la forma A B C (*fig.* 39) anche nelle scarpe poste verso il basso dei terreni in cui trovansi praticate le trincee, e che non si sposta solamente il terreno D superiore a quello argilloso, ma anche una parte E di questo, inducono a credere che, nel maggior numero dei casi, siano essi dovuti ad altre cause ben diverse dal semplice scorrimento. Il signor di Sazilly, ingegnere di ponti e strade, supponendo che gli strati d'argilla, messi allo scoperto per l'aprimento delle trincee e sotto l'azione delle vicende atmosferiche, cangino continuamente di volume rigonfiandosi o contraendosi secondo che l'atmosfera è

umida o secca; che si manifestino in essi delle fenditure più o meno profonde che danno accesso alle acque di pioggia e d'infiltrazione; che, penetrati da tali acque, finiscano per rammollirsi completamente in guisa da perdere ogni coesione; e che le gelate, ponendo impedimento all'uscita delle acque d'infiltrazione, le costringano a spargersi nella massa argillosa; ha dati altri metodi di consolidamento delle scarpe, che egli stesso ha descritti assai dettagliatamente in una memoria pubblicata fin dall'anno 1831 (*Annales des ponts et chaussées*), e dei quali metodi, che consistono essenzialmente nel ricoprire le scarpe argillose delle trincee d'un incamiciata talmente spessa da valere a porle completamente al riparo dalle azioni atmosferiche, e nel dar libero e facile scolo alle acque d'infiltrazione ed alle acque pluviali qualunque sia la temperatura esteriore, si dà un'idea nel numero che immediatamente segue.

67. **Incamiciate in terra pel consolidamento di scarpe di trincee aperte in terreni a strati argillosi ed a strati permeabili all'acqua.** — Essendo AB (*fig.* 40) la scarpa che vuolsi conservare, C il terreno permeabile, D il terreno argilloso, ed *ab* un banco di stillamento o strato in cui si raccolgono le acque provenienti da infiltrazione e da acque pluviali attraversanti lo strato permeabile, si apre nella scarpa e nel senso longitudinale della trincea un fosso E, il quale penetri in parte nel terreno argilloso, che assecondi per quanto è possibile le inflessioni del banco *ab*, in cui si raccolgono le acque, e che abbia circa la pendenza di un centimetro per metro. Si fa in buona muratara con calcina idraulica il fondo di detto canale, il quale si riempie per tutta la sua lunghezza di pietre spaccate o di ciottoli ben lavati, e quindi si ricopre di piote coll'erba volta per disotto o meglio di pietre piatte.

In ciascun punto basso dell'indicato fosso si dà scolo alle acque che vi si raccolgono per mezzo di un piccolo condotto trasversale *cd* riempito di pietre (*fig.* 41), il quale viene a terminare in una cunetta FG in muratura stabilita nel senso del maggior pendio della scarpa, e prolungata fino al fosso inferiore H.

Sopra il fosso E (*fig.* 40) e fra una cunetta e l'altra si pone per tutta l'estensione della scarpa uno strato I sufficientemente alto e ben regolarizzato di buona terra, e per meglio consolidarlo si fa su esso una semiuagione e si praticano nel terreno naturale degli addentellati L nel senso longitudinale della trincea; la terra di riporto viene anche posta in M (*fig.* 41) sul fosso trasversale *cd*, e gli addentellati L si scavano pure dove esiste la cunetta.

Allorquando esistono diverse lame d'acqua che provengono da infiltrazioni, si stabiliscono tanti fossi longitudinali quante sono dette lame, e si riuniscono tra loro mediante fossi diretti secondo il pendio della scarpa.

Alle cunette si sostituiscono talvolta dei fossi diretti secondo il pendio delle scarpe, ripieni di sassi spaccati e ciottoli ben netti, coperti superiormente da pietre piatte, e da uno strato di terra riportata e ben battuta. Questa disposizione vedesi adottata nella figura 42, la quale rappresenta la sezione trasversale in una scarpa colla relativa opera di difesa, nell'ipotesi che le acque di infiltrazione producano tre lame *ef*, *gh* ed *ik*. I fossi longitudinali con pietraia sono in O, P e Q; in R, S e T si trovano i fossi pure con pietraia diretti secondo il pendio della scarpa, e destinati a portare le acque al fosso inferiore U; in V si vede lo strato di terra riportata.

I fossi longitudinali, destinati a raccogliere le acque, che a guisa di lame si incontrano nei terreni che vogliansi prosciugare nell'intento di impedire gli scoscendimenti, si possono eseguire: impiegando delle grosse tegole *a* per formare il loro fondo (*fig.* 43); ponendo la pietraia A; ricoprendola con pietre piatte *b* o con piote aventi l'erba rivolta in basso, e ponendovi sopra uno strato B di buona terra. Invece delle tegole si può anche far uso di tubi da drenaggio *a* (*fig.* 44), in cui entrano le acque, che vengono poi portate fino alle cunette o fino ai fossi a pietraia, o fino ad altri tubi di drenaggio, disposti di tratto in tratto sul pendio della scarpa, e inservienti allo sfogo delle acque nel fosso posto longitudinalmente al fondo della scarpa medesima.

Un semplice rivestimento in terra di buona qualità e ben mazzarangata è sufficiente allorquando trattasi soltanto di riparare una scarpa soggetta a degradarsi sotto le azioni atmosferiche. Siccome però è impossibile di rendere detto rivestimento assolutamente impermeabile alle forti pioggie ed alle acque di disgelo, le quali, anche arrivando in piccola quantità al piede dell'opera, sono valevoli a comprometterne l'esistenza, è prudente consiglio di praticare al piede della scarpa, come vedesi nella figura 45, un canale a fondo impermeabile pieno di ciottoli e di pietre spaccate, destinato a raccogliere ed a dar scolo alle acque che vengono a frapporsi al terreno naturale ed alla terra riportata.

68. **Determinazione dei banchi di stillamento sulle scarpe delle trincee.** — L'applicazione del sistema Sazilly esige che i fossi con pietraie, posti longitudinalmente sulle scarpe, siano nei

siti in cui esistono i banchi di stillamento, e per conseguenza è cosa sommamente importante di conoscere alcuni criteri che possano condurre alla pratica loro determinazione.

Il signor Bruère, uomo assai esperto nei lavori di consolidamento di grandi trincee, ha fatte parecchie indagini, ed ha osservate parecchie circostanze utili nella ricerca di cui è quistione, e che brevemente vengono riferite in quello che immediatamente segue.

Allorquando nell'apertura delle cunette, che costituiscono l'incominciamento delle opere di sterro in grandi trincee, si incontrano delle acque che gemono dalle loro pareti, si segnino i siti in cui questo fenomeno si verifica, e, passando all'ingrandimento dello scavo ed alla regolarizzazione della scarpa, non si perda d'occhio l'andamento degli strati, nei quali esso si manifestava. Questi strati determinano le posizioni in cui saranno per manifestarsi le lame liquide provenienti da filtrazioni e da abbondanti piogge cadute sulla superficie del suolo ed assorbite dal terreno, e quando si è riconosciuto uno strato di terreno da cui l'acqua sorte, si ha quasi la certezza che danno passaggio alle acque tutti gli strati della medesima natura, del medesimo colore, ed egualmente disposti. Il fare le osservazioni all'aprimento della cunetta, anzichè al termine dell'escavazione, è motivato da ciò che le acque interne di filtrazione si trovano più abbondanti in quell'epoca anzichè in questa, nella quale avviene soventi di avere scoli così scarsi, da venir essi totalmente assorbiti dall'aria all'istante in cui sortono dalla terra, senza che sia possibile di notare il sito in cui hanno luogo. Anche i piccoli tagli trasversali della larghezza di circa metri 0,80, che soventi si aprono perpendicolarmente agli assi delle grandi trincee per regolarizzare le scarpe, si prestano a far conoscere le posizioni dei banchi di stillamento: la poca circolazione dell'aria impedisce la pronta evaporazione delle acque interne, le quali, portatesi alle pareti delle escavazioni, lasciano su esse delle tracce di umidità facilmente riconoscibili.

La ricerca delle posizioni dei banchi di stillamento può anche essere fatta in una trincea già aperta in grande sezione; e si dirà che detti banchi esistono allorquando sulle scarpe, di buon mattino ed al levare del sole in seguito all'aria calma e fredda della notte che assorbe poca acqua, si riconoscono delle strisce umide ben marcate. Nei casi dubbi si può spargere della sabbia o meglio delle ceneri, le quali sostanze indicheranno la presenza di un banco di stillamento in tutti quei siti nei quali appariscono con colore più oscuro di quello che manifestano quando sono asciutte.

Avviene talvolta che, a motivo delle fenditure che sempre la siccità produce alla superficie delle terre argillose, le acque sotterranee vengono a sortire sulle scarpe in punti più bassi di quelli che corrispondono ai banchi di stillamento da esse attraversati. Affinchè questo fatto non possa indurre in errore sulla vera posizione del luogo in cui dette acque si fanno giorno, è bene di far togliere dalle scarpe, sulle quali voglionsi fare delle ricerche di banchi di stillamento, tutte le terre disgregate per l'umido e per la siccità.

In quei luoghi in cui le acque piuttosto abbondantemente si portano alla superficie di una scarpa, si riconosce facilmente in pieno giorno e sotto l'ardenza dei raggi solari quali posizioni occupano i banchi di stillamento ; la superficie della scarpa si mostra allora asciutta salvo nei siti in cui ha scolo l'acqua; delle strisce ben marcate di umidità indicano le posizioni dei banchi di stillamento; e talvolta viene accusata la loro presenza anche in terreni non manifestanti sintomo alcuno di umidità, finchè si osservano a temperature ordinarie.

Le lame d'acqua, che soventi si incontrano fra due strati argillosi omogenei si riconoscono facilmente per la compattezza che presentano gli strati argillosi fra cui esistono, per il tenue spessore che esse presentano e per la materia fangosa da cui trovansi attorniate. Queste lame si sentono al tatto, ed allorquando si è trovato un punto della loro direzione, si può facilmente far scorrere il dito su tutta la loro lunghezza.

Le osservazioni per assicurare le posizioni dei banchi di stillamento devono essere fatte in epoche di compiuto disgelo. Quando il disgelo non è terminato, facilmente si può essere indotti in errore nel giudicare dette posizioni; perchè le acque provenienti dallo scioglimento delle nevi e delle piogge, non potendo arrivare fino al primo strato di terreno impermeabile, e trovando una naturale uscita nelle trincee, si mostrano alla superficie delle scarpe ben al di sopra del primo banco di stillamento.

69. **Prosciugamento delle trincee aperte in terreni soggetti a lasciarsi rammollire dall'acqua, e quindi facili a scoscendere, col metodo dei collettori.** — *Metodo Ledru.* — L'ingegnere Ledru, nell'intento di ottenere un prosciugamento rapido e completo delle scarpe non solo, ma anche del fondo delle trincee, e per avere un sistema prosciugante, il quale sia in istato da poter continuamente funzionare senza essere menomamente impedito dai geli, ha immaginato di adottare una conveniente disposizione di tubi da dre-

naggio disposti al fondo di fogne, alcune situate sulle scarpe, due poste longitudinalmente al piede di dette scarpe, ed una posta nel piano mediano della trincea destinata a raccogliere le acque portate dalle prime, non che quelle raccoltesi al fondo dello scavo e ad esportarle in luogo in cui non possano più essere causa di dannose conseguenze.

Nella figura 46, mediante una sezione trasversale, viene indicata la disposizione che può essere data ai tubi di drenaggio nel metodo di prosciugamento messo in pratica da Ledru. Sulla scarpa ed a distanza di 3 a 6 metri, secondo la maggiore o minore quantità d'acqua da raccogliersi, e secondo che il terreno ritiene più o meno facilmente l'acqua da cui trovasi penetrato, si praticano dei fossi A colla profondità di 1 metro a 1,20; al fondo di questi fossi si pongono i tubi di drenaggio; per circa metà della loro altezza si riempiono di pietre spaccate, sopra queste si pongono delle pietre piatte e larghe, od anche delle piote coll'erba volta in basso; e finalmente la rimanente parte del fosso si riempie con terra che viene versata per strati dell'altezza di circa metri 0,20, e quindi regolarmente mazzarangata. Si possono chiamare *fogne elementari* quelle che vengono così praticate sulle scarpe, che generalmente si scavano per traverso sulle scarpe medesime, e che solamente nei terreni cattivi ed in quelli i quali hanno già subiti degli scoscendimenti si dispongono secondo linee di maggior pendio. Le fogne elementari immettono le acque che esse raccolgono nei due *collettori longitudinali* B, collocati al di sotto di piccole banchine poste di circa metri 0,60 al di sopra del fondo della trincea; mediante i *collettori trasversali* C, posti a distanza di 10 a 20 metri l'uno dall'altro, i collettori longitudinali riversano le loro acque nel collettore centrale D praticato nel bel mezzo del fondo dello scavo, e questa fogna centrale porta tutte le acque fuori della trincea.

Presentandosi il caso di un terreno in cui i soli strati inferiori si lasciano penetrare e rammollire dall'acqua, le fogne elementari si fanno solamente per quelle parti delle scarpe in cui detti strati si presentano; e nella circostanza inversa di un terreno, in cui non si lasciano penetrare e rammollire dall'acqua gli strati posti ai piedi delle scarpe ed al fondo della trincea, l'operazione di prosciugamento notevolmente si semplifica facendo le sole fogne elementari pel tratto di terreno che abbisogna di essere prosciugato, terminandole in modo che diano scolo alle acque raccolte all'aria libera, o meglio facendole immettere in collettori longitudinali.

posti di circa metri 0,30 al di sotto del piano di separazione dei due terreni, i quali diversamente si comportano per rapporto all'acqua che tende a penetrarli. Le acque raccolte dai collettori longitudinali possono essere versate in fossi laterali posti al fondo della trincea.

Metodo alemanno. — In parecchi lavori di consolidamento eseguiti nell'Alemagna e nella Francia, ebbe sempre un ottimo successo un altro metodo di prosciugamento con tubi da drenaggio, il quale diversifica dal metodo Ledru in ciò, che si sostituiscono dei collettori paralleli all'asse della trincea e dalla parte in cui si temono gli scoscendimenti alle fogne elementari stabilite sul pendio delle scarpe, e dei collettori situati sotto i fossi, che sempre occorre di lasciare ai piedi delle scarpe, al collettore centrale.

Considerando il caso in cui il terreno permeabile arriva fino ad una linea CD (*fig.* 47), posta al disopra del livello del fondo della trincea, si apre una stretta fossa parallela all'asse dello scavo col suo fondo un po' al di sotto dell'indicata linea, si stabiliscono in essa dei tubi da drenaggio, e poscia si riempie, come già venne detto, nella parte inferiore di ciottoli e pietre spaccate, nella parte superiore di terra ben mazzarangata. Con questo mezzo resta prosciugato un masso di terra rappresentato in sezione in ABCD, il quale viene a costituire come un muro di sostegno collocato sulla base solida CD. È verso le estremità della trincea che si dà scolo alle acque raccolte nei tubi posti al fondo della fogna.

Trattandosi di una trincea aperta in un terreno permeabile per un'altezza maggiore della profondità della trincea stessa, oltre la fogna longitudinale, è necessario di praticare di tanto in tanto delle fogne sulla scarpa da prosciugarsi, e di posare al loro fondo e secondo una linea inclinata EF dei tubi i quali vengano a sboccare nel fosso G posto al piede della scarpa stessa; in modo che il masso prosciugato ABEF, riposando sul piano inclinato EF, possa resistere alla spinta delle terre poste a sinistra.

Le fogne trasversali, destinate a porre una fogna longitudinale in comunicazione col fosso vicino della trincea, in quanto di tratto in tratto portano all'esterno le acque di filtrazione che nell'ultima indicata fogna si raccolgono, hanno il notevole vantaggio di porre al riparo dagli immensi danni che arriverebbero all'opera, in caso di ostruzione dei tubi, qualora esistesse un'unica fogna longitudinale dante solamente scolo alle acque per le sue estremità.

Il sistema di far sboccare i tubi delle fogne trasversali nel fosso posto al piede del terreno da prosciugarsi non va immune

da inconvenienti: nelle trincee in cui le acque di filtrazione sono molto abbondanti avviene soventi che le terre del suo fondo si rammolliscono; che lateralmente al fosso ed al piede della scarpa succedono degli scoscendimenti della forma *abc*; che questi scoscendimenti riempiono il fosso; che arrestano le acque rendendo fangoso il fondo, e compromettendo la sua solidità se non vi si pone riparo con costose opere di rivestimento fatte al fosso. Per ovviare ai citati inconvenienti, non che a quelli che possono provenire dall'arrestarsi di acque pluviali, nel caso che il fosso non abbia sufficiente pendenza e che il fondo della trincea sia talmente foggiato da non permettere il facile e libero loro scolo, si può ricorrere al partito di collocare una fogna sotto ciascuno dei due fossi che fiancheggiano lo scavo, di fare in esse immettere le acque provenienti dalle fogne trasversali, e di dar loro scolo per le due estremità. Le fogne poste sotto i fossi di cui è discorso, sono i collettori generali di tutto il sistema di prosciugamento, ed a distanza di 100 metri bisogna lasciare dei pozzetti d'esplorazione, foggiati, come lo indica la figura 48, mediante la sezione determinata dal piano verticale passante per l'asse della fogna a cui trovansi applicati. Affinchè lo scavo che si pratica per stabilire una fogna sotto un fosso non riesca a provocare degli scoscendimenti pel fatto che viene ad indebolire il piede della scarpa, è necessario di ben mazzarangare la terra posta al disopra dei tubi e delle pietre spaccate. La profondità di queste fogne si può fissare di metri 1,20.

Presentandosi il caso di uno strato acquifero HI (*fig.* 47) non tagliato dalla trincea, ma dotato d'una pressione abbastanza forte da poter o sollevare le terre costituenti il fondo se sono impermeabili, o da convertirle in fango se sono permeabili, è necessario di approfondare una delle due fogne poste sotto i fossi laterali fino al di sotto di detto strato e di procurare il totale raccoglimento delle acque, adottando tubi da drenaggio di sufficiente diametro. Delle due fogne poste sotto i fossi laterali conviene approfondare quella K che con minore scavo raggiunge lo strato acquifero, cioè quella che generalmente trovasi dalla parte in cui esiste la scarpa più elevata.

Riconoscendosi il bisogno di collocare un fosso longitudinale sulla cresta di una trincea, bisogna procurare di collocarlo, come lo indica la figura 47, un poco al di là del piano verticale passante per l'asse della fogna EL; perchè allora le acque di filtrazione, arrivate al punto M, si porteranno a scolare per detta fogna.

Per impedire che i topi ed altri animali, introducendosi nei tubi da drenaggio, vengano ad ostruirli; che le acque non pure, trovandosi al contatto dell'aria, lascino dei depositi e delle incrostazioni; che sotto l'azione dell'aria e della luce prendano vita e si introducano nei tubi alcuni vegetali: si fanno le estremità dei condotti con tubi ricurvi, e si fanno questi pescare in un piccolo serbatoio d'acqua, come lo indica la figura 49.

Allorquando un'opera di prosciugamento con tubi di drenaggio è da poco costrutta, di frequente deve essere visitata, principalmente dopo le pioggie, onde riconoscere se sonosi manifestate delle degradazioni.

Incontrandosi delle fenditure e delle depressioni nelle terre che hanno servito al riempimento delle fogne, converrà otturarle e ricolmarle con nuova terra; e riconoscendosi che il drenaggio non funziona in qualche luogo, bisognerà immediatamente cercare la causa del guasto e ripararlo, perchè ogni ritardo potrebbe essere causa di gravi danni da doversi riparare con dispendiosi lavori.

70. **Consolidamento delle scarpe in terreni sabbiosi e per una considerevole altezza, attraversati da abbondanti acque che li rendono mobili.** — Non è raro il caso di incontrare nell'aprimento di grandi trincee degli alti strati di sabbia attraversati per tutta la loro altezza da acque piuttosto abbondanti, e che, venendo a sgorgare lungo le pareti degli scavi, spostano e trasportano le sabbie che attraversano. In tale circostanza, al piede dello strato sabbioso e sul terreno stabile, conviene stabilire nel senso longitudinale un fosso con fondo impermeabile riempito di pietre spaccate, e bisogna impedire le dilamazioni a cui va soggetto lo strato sabbioso con un mezzo che serva a rattenerlo ed a dare libero scolo alle acque. Delle fascine disposte sulla scarpa del terreno sabbioso coperte superiormente da uno strato di terra inerbata o meglio coperta da piote erbose possono soddisfare allo scopo; l'opera di consolidamento però risulta più efficace facendo delle fascine lunghe circa metri 0,60 e del diametro di circa 0,25, foggiate come lo indica la figura 50 in prospetto ed in sezione passante per l'asse, e composte di ghiaia inviluppata da rami fini, come sono quelli di ginestra. Uno strato di tali fascine disposte longitudinalmente sulla scarpa sabbiosa da consolidarsi, costituisce ciò che chiámasi un *filtro in fascine*, il cui stabilimento può in ogni caso essere stabilito colle norme che seguono.

Preparata la scarpa da rivestirsi in modo che al termine dell'opera di consolidamento si abbia la scarpa definitiva, si devono

collocare le fascine incominciando dall'alto. Perciò si pratica un risalto, come vedesi in A, nella figura 51, che rappresenta una sezione trasversale dell' opera terminata, su questo risalto si pone immediatamente un filare *a* di fascine, si apre dopo un secondo risalto inferiore in B, si colloca a sito un secondo filare *b* di fascine, e così si continua fino al fondo dello strato sabbioso da rivestirsi. Le fascine si ricoprono dopo con uno strato di ghiaia o di grossa arena, in modo da essere di metri 0,10 il minimo suo spessore; su questa ghiaia finalmente si fa un'impellicciatura con piote posate di piatto, e non saranno più a temersi degli scoscendimenti quando le fascine siano ben serrate le une contro le altre, e disposte a giunti ricoperti. Al fondo del rivestimento in fascine sul terreno impermeabile si pratica il fosso che immediatamente deve ricevere le acque attraversanti il filtro, e prima di riempirlo di ciottoli e di pietre spaccate si aspetta che l'acqua, che viene in esso a colare, non trasporti più delle sabbie, le quali potrebbero essere causa di ostruzione.

71. Ricostruzione delle scarpe scoscese di trincee. — Allorquando in terreni che trovansi nelle circostanze accennate al numero 64 si praticano delle trincee senza eseguire le opportune opere di consolidamento e di prosciugamento, ed allorquando queste opere non vengono eseguite convenientemente e giusta le esigenze dei casi, indubitatamente delle porzioni più o meno grandi delle scarpe finiscono per manifestare degli scoscendimenti ai quali è imperiosa necessità di porre riparo, ricostruendo le parti scoscese.

Il signor Sazilly nell'interessante sua memoria sui lavori di consolidamento delle scarpe prescrive di togliere, nel caso in cui occorra di riparare degli scoscendimenti, tutte le terre in movimento, e non ammette eccezione a questa regola. Così procedendo però, si trova che le opere di riparazioni per scoscendimenti di scarpe diventano in parecchi casi enormi ed eccessivamente costose, e molti sono gli abili e pratici costruttori che giustamente hanno creduto di non doversi strettamente attenere al precetto di Sazilly.

Presentandosi il caso di uno scoscendimento non molto considerevole manifestatosi al di sopra di una superficie con debole pendenza all'orizzonte, si può effettuare l'operazione di ristauro, come viene indicato dalla figura 52, che rappresenta una sezione trasversale dell'opera. Si levino le terre cadute al fondo della trincea, nel sito in cui le terre hanno cessato di scoscendere, si pratichi uno scavo talmente profondo da raggiungere il primo strato di terreno al quale non si estese lo scoscendimento, e le terre così ri-

cavate si depositino sul mucchio E delle terre scoscese ; contro la parete AB si pratichi il fosso *a*, e si riempia di pietre spaccate, elevando il cumulo di queste ultime per una certa altezza e coprendolo poscia con larghe pietre; con terra di buona qualità e ben mazzaraugata si faccia la scarpa AF; si riempia colla terra messa in deposito lo spazio G, operando detto riempimento per strati orizzontali e ben battuti, di mano in mano che si eleva la detta scarpa ; e finalmente la rimanente terra si regolarizzi in modo da presentare superiormente una faccia leggiermente inclinata da H in I ed una scarpa IL verso la trincea con quella pendenza che meglio si addice alla natura delle terre. Il fosso con pietraia *a* è destinato a raccogliere le acque che le filtrazioni portano fra lo strato M rimasto immobile e lo strato N, al quale appartenevano le terre scoscese ; lo scolo a dette acque vien dato per le sole estremità del fosso quando esso non risulta molto lungo, per le estremità e per fossi trasversali con pietraia, praticati nella massa ABLIH e sboccanti nei fossi laterali della trincea quando la sua lunghezza è piuttosto considerevole.

Se invece si presenta il caso di uno scoscendimento avvenuto in una grande massa e su una superficie con grande pendenza, si può procedere a riparare il danno, operando come si è detto nel caso precedente per quanto concerne al lavoro da farsi contro il terreno che non prese parte allo scoscendimento, e appoggiando il masso superiormente regolarizzato di terra scoscesa contro un ritegno immobile A (*fig.* 53) fatto per cordoli orizzontali in terra buona ben battuta e di spessore più o meno grande secondo che la pressione delle terre contro di esso è più o meno forte.

Nell'intento poi di dar facile scolo alle acque che possono penetrare nel masso fatto con terre scoscese, è utile di porre al di dietro del ritegno A e di tanto in tanto delle pietraie e di metterle in comunicazione col fosso che corre lungo la trincea, mediante pietraie trasversali attraversanti detto ritegno A, il quale può essere costrutto o colla faccia interna verticale (*fig.* 53), o colla faccia interna a scarpa (*fig.* 54), o anche a guisa di incamiciata (*fig.* 55). Allorquando nell'esecuzione del ritegno si scava la terra esistente nel sito che esso deve occupare, dandogli una scarpa provvisoria BC (*fig.* 53 e 54), bisogna riempire lo spazio D colla terra depositata di mano in mano che il ritegno si eleva, e procedere ancora per cordoli orizzontali ben mazzarangati. Invece del ritegno in terra A torna talvolta più conveniente la costruzione di un muro a secco.

Un mezzo di riparare gli scoscendimenti in terreni rammolliti dalle acque, che con buon successo venne già posto in pratica, è il seguente: tolta tutta la terra caduta nella trincea non che quella esistente nel sito in cui lo scoscendimento ebbe luogo, si pratichi, come lo indica la figura 56, mediante la proiezione orizzontale e la sezione trasversale dell'opera, un muro a secco A per sostenere il piede della scarpa da costruirsi e per lasciare colare le acque nel fosso B; degli speroni C pure in pietre secche si costruiscano contro il terreno rimasto immobile fino a raggiungere il livello del contorno supremo *abc*, che rappresenta la superficie di scoscendimento, e colla faccia anteriore avente l'inclinazione che deve presentare il lavoro terminato, e finalmente lo spazio che rimane fra questi speroni si riempia con terra di buona qualità ben mazzarangata. Un ammasso D di ciottoli e di pietre spaccate, disteso al piede del terreno che non subì scoscendimento, torna vantaggioso per facilitare lo scolo delle acque che in caso di non libero scolo potrebbero riuscire di nocumento all'opera.

Gli scoscendimenti si presentano in pratica con circostanze così svariate da essere impossibile il poter dare delle norme che valgano per tutti i casi. Quanto vi ha di più generale si riduce a dire: che, nel fare le riparazioni da essi rese necessarie, conviene incominciare dal rendere stabili i terreni, ai quali cessarono, con opere di consolidamento e di prosciugamento che valgano ad impedire dei nuovi danni; che le terre scoscese devono essere regolarizzate e rattenute in modo che per qualsiasi evenienza non possano apportare guasti alla trincea; che queste terre devono essere trasportate tuttora che le opere di regolarizzazione e di ritegno siano, o per risultare d'esito incerto, o per apportare spese maggiori di quelle che esige il trasporto; che per arrestare degli scoscendimenti appena incominciati bisogna attentamente studiare le cause da cui derivano, e tosto dar mano a lavori di prosciugamento e di consolidamento valevoli a rimuoverle e ad impedire i dannosi accidenti che potrebbero derivare dagli effetti che hanno già prodotti.

ARTICOLO III.

Costruzione e consolidamento di grandi rilevati.

72. Costruzione dei grandi rilevati e compressione del sottostante terreno — Nella formazione dei grandi rilevati, e sopratutto quando il trasporto delle terre viene eseguito mediante vagoni, ri-

sulta impossibile, sia l'operare per cordoli successivi ben battuti, sia il far uniformemente comprimere il materiale depositato dai veicoli di trasporto. In tale circostanza il rialzo, incominciato per un suo estremo col versare terre fino a raggiungere l'altezza che il medesimo deve avere, si prosegue stabiliendo su esso il prolungamento della via per cui arrivano i vagoni, e scaricandoli all'estremità di questa via che forma anche l'estremità del rilevato.

Dovendosi eseguire dei grandi rilevati su terreni compressibili, è necessario avere le opportune precauzioni onde impedire i laterali rigonfiamenti e gli eccessivi schiacciamenti del sottostante suolo, i quali, producendosi in modo irregolare, potrebbero compromettere la stabilità dell'opera. Allargando la base del rilevato in modo da rendere piccola la pressione sull'unità superficiale, si ovvia in parte agl'indicati inconvenienti, si va però incontro a gravi spese per l'esecuzione di voluminosi trasporti e per l'occupazione di vaste estensioni superficiali; e generalmente torna più vantaggioso o di diminuire il peso del rilevato componendolo di materiali leggieri e atti a lasciare dei vuoti, senza grave nocumento nella solidità, o di prosciugare il terreno che deve sostenere il rilevato onde renderlo incompressibile. I fossi, le pietraie, le fogue centrali da drenaggio, i pozzi assorbenti, sono i mezzi che generalmente tornano più utili nel prosciugamento dei terreni che per la loro compressibilità si mostrano cedevoli sotto il peso dei rialzi. — Sulla strada ferrata di Mulhouse il gran rilevato della Meance presso Provins, della cubatura di 500000 metri cubi ed avente l'altezza massima di 15 metri, non ostante la precauzione avuta di allargare la sua base, penetrò di 5 metri nel suolo e rimasero sotterrati circa 200000 metri cubi della terra trasportata, ossia circa 2/5 del volume dell'intiero rialzo.

Intorno alle opere d'arte i rilevati di grande altezza devono essere costrutti con molte precauzioni per non produrre dei gravi dissesti nelle diverse parti delle opere medesime; è necessario farli avanzare per cordoli dell'altezza di circa metri 0,25, e, trattandosi di vôlte, di farli simmetricamente procedere sui due lati.

73. **Cause di scoscendimento dei grandi rilevati**. — La diversa densità che esiste fra il masso centrale e le parti laterali dei rilevati, l'interposizione di strati sabbiosi e di strati di fango, ed i cedimenti nel suolo sottostante per rigonfiamenti laterali, sono generalmente le cause che, favorite dalle piogge, dall'azione del gelo e del disgelo, producono gli scoscendimenti dei grandi rilevati.

La diversa densità che sempre presentano la parte centrale e le

parti laterali dei rilevati eseguiti con vagoni, proviene essenzialmente dal modo con cui vengono essi elevati; le terre portate dai vagoni che si scaricano pel davanti, essendo le prime che s'impiegano nell'elevare i rilevati e scavandosi esse dalle cunette delle trincee, risultano piuttosto umide, compatte e dense; le terre invece portate dai vagoni che si scaricano sui fianchi, provenendo generalmente da scavi che vengono fatti per allargare le trincee, risultano più secche e meno compatte e quindi meno dense delle prime. Segue da ciò che avvengono generalmente i seguenti fatti nella formazione dei grandi rilevati con vagoni: il masso centrale A (*fig.* 57) risulta piuttosto compatto con considerevole densità; i massi laterali B e B′ invece riescono meno compatti e meno densi del primo; due superficie *ab* ed *a′b′* separano questi da quello, manifestando delle fenditure con interruzione di continuità; e le acque, portandosi per queste fenditure ad attraversare il rilevato, finiscono per provocare e per produrre degli scoscendimenti.

Se poi nell'esecuzione degli sterri si trovano degli strati accidentali di sabbia, e se queste sabbie vengono depositate in *ab* (*fig.* 58) su un fianco del masso centrale A di un rilevato, avviene che fra questo masso ed il masso laterale B esiste una materia che facilmente può essere attraversata dall'acqua, la quale, portandosi alla base, rammollisce il terreno e determina lo scoscendimento dell'ultimo indicato masso. Il fenomeno dello scoscendimento succede in un modo analogo quando, invece dello strato sabbioso *ab*, trovasi uno strato di fango, ed è da riputarsi opera prudente e di lodevole precauzione quella di non impiegare nella formazione dei rilevati le terre sabbiose e le terre fangose, o d'impiegarle in modo che non possano provocare scoscendimenti.

In quanto ai cedimenti del terreno sottostante ad un grande rilevato, è da dirsi che, quando non sono uniformi, producono essi dei crepacci, per cui vengono a passare le acque, le quali, introducendosi nel corpo del rilevato medesimo, ne provocano dei dannosi scoscendimenti.

Altri gravi danni che possono accadere ai grandi rilevati sono gli spostatamenti prodotti dalla presenza di strati d'argilla, resa saponacea e sdrucciolevole da una lama liquida a cui dà passaggio un sovrastante banco di sabbie e di ghiaie.

74. Alcuni procedimenti per impedire gli scoscendimenti di grandi rilevati. — Non è cosa difficile l'opporsi ai laterali scoscendimenti dei rilevati (*fig.* 57 e 58), e basta, siccome lo indica la figura 59 mediante una sezione trasversale, di stabilire da ciascun lato

del rialzo che vuolsi consolidare un contrafforte A in terra vegetale o in terra sabbiosa, separato dal masso del rialzo medesimo da uno strato *a b* di pietre o di fascine ripiene di ghiaia.

Per impedire che venga a scoscendere un rilevato formato con terra argillosa, con ogni cura bisogna procurare un buon diseccamento della terra medesima e di ripararla nello stesso tempo dalle acque pluviali e dalle acque d'infiltrazione. Facendo solamente la parte interna del rialzo con terra argillosa e rivestendola con buona terra accuratamente battuta si arrestano i danni che potrebbero apportare le acque pluviali; praticando delle fosse ai piedi del rilevato, delle fogne con pietraie o con tubi da drenaggio per raccogliere le acque di sorgente, si arriva ad impedire che dette acque, fermandosi alla base del rialzo, ne rammolliscano le terre con indebolimento e con pericolo di abbassamento dell'intiera costruzione. I rilevati di terra argillosa non possono avere una buona riuscita allorquando si elevano in tempi umidi ed in cattiva stagione, devono essere compressi all'atto della loro costruzione, e torna generalmente vantaggioso l'interporre di tanto in tanto degli strati di sabbia alla terra argillosa. In alcune circostanze in cui, non ostante tutte le indicate precauzioni, si manifestarono dei pericoli di scoscendimento, con buon successo si ebbe ricorso all'impiego di robuste spranghe in ferro attraversanti orizzontalmente il rialzo pericolante a circa 2 metri al di sotto della sua superficie superiore (*fig.* 60), e portanti alle estremità delle robuste piattaforme in legno di querce, contro le quali venivano ad appoggiarsi le terre tendenti a scoscendere.

Presentandosi il caso di dover elevare un rilevato su un terreno che si rammollisce in contatto dell'acqua e che per conseguenza è soggetto a lateralmente rigonfiare sotto l'azione del peso sovrastante in tutte le epoche di abbondanti piogge, è indispensabile lo stabilire opportune opere capaci di produrre un pronto ed efficace prosciugamento. Per raggiungere lo scopo si possono stabilire due profonde pietraie ai piedi del rilevato, una da una parte e l'altra dall'altra, parallele fra di loro, ed aventi ciascuna al fondo una specie di acquedotto formato con pietre piatte e destinato a trasportare le acque raccolte, o in un pozzo assorbente che le smaltisce attraverso al suo fondo permeabile o in un condotto, il quale ad una certa distanza dal rilevato e mediante un sufficiente sviluppo ha termine alla superficie del suolo. Gli scavi per lo stabilimento delle pietraie si fanno a pareti verticali, ed è, mediante opportuni armamenti, che si trattiene l'avvallarsi delle terre. — Talvolta a poca profondità

sotto il terreno soggetto a rammollirsi trovansi degli alti strati di sostanze che danno perfetto disperdimento alle acque che ad esse arrivano; in questo caso basta prolungare le pietraie fino a questi strati, e si rende inutile ogni pozzo assorbente ed ogni condotto destinato a portare le acque alla superficie del suolo. Una sola pietraia per ogni lato del rialzo risulta talvolta insufficiente, e per ottenere un completo successo conviene praticarne due disposte come appare dalla figura 61, la quale rappresenta la sezione trasversale e la proiezione orizzontale dell' opera di consolidamento, e messe fra loro in comunicazione da pietraie trasversali. Le due pietraie longitudinali si possono ordinariamente porre a distanza di 10 a 15 metri, e le trasversali a distanza di 40 a 60 metri.

Invece delle pietraie possono anche tornare utili e forse più economiche le fogne con tubi da drenaggio al fondo, e riempite di pietre spaccate e ciottoli per parte della loro altezza. Queste fogne possono essere praticate parallelamente al rilevato ponendone, giusta l'estensione del terreno da prosciugarsi, una o più file da ogni parte, e collegandole in quest'ultimo caso con fogne trasversali imboccanti nelle fogne longitudinali con direzione un po' obliqua. Generalmente però può tornare più vantaggioso l'operare il prosciugamento di due strisce di terreno poste una a dritta e l'altra a sinistra del rilevato con quel processo che si segue nello stabilimento del drenaggi agricoli, disponendo le fogne come in proiezione orizzontale ed in via di dimostrazione viene indicato nella figura 62. Essendo A B la linea secondo cui una scarpa del rilevato taglia la superficie del suolo, si stabiliscano presso questa linea le fogne di cinta a, a'; si determini dopo una striscia longitudinale ABCD talmente larga che, una volta prosciugata, possa servire come di ostacolo allo spostarsi delle terre sulle quali insiste il rialzo; in direzioni parallele, e per quanto si può nel senso delle linee di maggior pendio della superficie di detta striscia, si stabiliscano le fogne elementari b, b', b'', ecc.; e finalmente queste fogne elementari, alcune delle quali servono di collettore per le fogne di cinta, si facciano immettere in un collettore CD destinato ad esportare le acque che dalle fogne di cinta e dalle fogne elementari vengono tolte al terreno. Le fogne di cinta possono avere una distanza minima dal piede del rilevato, ma generalmente non devono distare più di 4 metri; le fogne elementari disteranno fra loro da 8 a 15 metri, secondo che il terreno abbandona difficilmente o facilmente l'acqua che contiene, la loro pendenza minima sarà di metri 0,002 per ogni metro, la loro profondità dà metri 1,20 a 2 metri: la profondità e la pendenza del

collettore saranno regolate dalla posizione delle fogne elementari, i diametri dei tubi devono essere tali da permettere il pronto prosciugamento del terreno anche nel caso di abbondanti piogge, e sempre devono essere in eccesso anzichè in difetto. Le fogne elementari devono imboccare nel collettore, non mai ad angolo ottuso, e per quanto si può ad angolo acuto in amonte.

Incontrandosi il caso di un terreno, il quale, per la sovraposizione di uno strato sabbioso acquifero A (*fig.* 61) ad uno strato di argilla plastica B, è soggetto a sdrucciolare trasportando seco il sovrastante rilevato C, è necessario d'impedire ogni movimento col togliere l'acqua che di mano in mano si presenta al di sopra dello strato argilloso, e coll'opporre un solido ritegno allo sdrucciolamento nel caso che tenda a manifestarsi. In alcune circostanze si trovò vantaggioso lo stabilimento delle due pietraie longitudinali D spaziate di circa 10 metri e collegate colle pietraie trasversali E, ed affondate fino a 12 o 15 metri nel terreno per oltrepassare lo strato di argilla plastica e per raggiungere un terreno assorbente. Con questo mezzo si dissecca completamente tutto il masso che esiste fra le pietraie e che agisce allora come un muro di sostegno nell'impedire lo sdrucciolamento del terreno superiore.

75. **Ricostruzione delle scarpe scoscese di rilevati.** — Supponendo che nel rilevato, di cui si ha una mezza sezione trasversale nella figura 63, sia avvenuto uno scoscendimento con rovina del masso rappresentato in *abc*, si può procedere alla sua ricostruzione come segue: si levino le terre scoscese sovrastanti alla lista di terreno larga *de*; si faccia il contrafforte A mediante terra disposta per cordoli orizzontali e ben mazzarangata, separandolo dal masso scosceso B, che si può lasciare nel sito in cui trovasi, con uno strato *df* di pietre o di fascine ripiene di ghiaia; il masso B si tagli superiormente a riseghe; e finalmente si stabilisca un'incamiciata C con terra di buona qualità e ben battuta. Nella formazione del contrafforte A si lascino di tanto in tanto ed in direzione normale all'asse del rilevato dei fossi riempiti di pietre o di fascine, e questi fossi si prolunghino anche attraverso il masso B fino a raggiungere il terreno rimasto immobile, qualora si riconoscano umide le terre scoscese.

CAPITOLO III.

Inghiaiate, selciate, lastricati e ballast.

ARTICOLO I.

Inghiaiate e massicciate.

76. **Inghiaiate, massicciate e pendenza minima della superficie superiore delle inghiaiate.** — Le *inghiaiate*, che sono strati di ghiaia o di pietrisco prodotto da naturale o da artificiale fattura di pietre compresse dal passaggio di grandi carichi, contribuiscono ad ottenere un suolo unito e duro anche sopra un terreno mal fermo e cedevole, e formano il mezzo con cui generalmente la *carreggiata*, o parte centrale delle strade carreggiabili, si rende solida e resistente sotto le azioni continuate dei piedi degli animali e dei veicoli transitanti.

Gli strati di ghiaia o di pietrisco, che costituiscono le inghiaiate, non si dispongono sempre sul terreno naturale, ma talvolta si rende necessario di far loro una regolare fondazione di pietrame accuratamente disposto, la qual fondazione è quella che prende il nome di *massicciata*.

La superficie delle inghiaiate deve essere tale da permettere il libero scolo delle acque che su esse vengono a cadere; bisogna perciò costrurle in modo che risultino a facce inclinate con fossi, con collettori e con condotti opportunamente disposti. L'inclinazione minima da darsi alla superficie anche delle inghiaiate le più levigate e le più perfette non deve essere minore di quella che corrisponde alla pendenza di 1/72.

77. **Materiali da impiegarsi nella formazione delle inghiaiate e delle massicciate.** — Quasi tutti i materiali calcari, silicei, granitici e basaltici sono adatti alla formazione delle inghiaiate, purchè non siano facilmente alterabili sotto le azioni dell'umidità e delle gelate, ed abbiano una sufficiente durezza da somministrare suoli non cedevoli sotto le ruote dei carri, non fangosi in tempi di pioggie, e non eccessivamente polverosi nella stagione estiva. La ghiaia a pezzi angolosi con facce piane è generalmente preferibile

alla ghiaia composta di sassolini di forma rotondeggiante, a motivo della minore mobilità che quella presenta, e della facilità con cui sotto l'azione dei pesi transitanti si producono quei detriti, i quali in presenza dell'umidità formano come un cemento che involve le pietruzze e che indurendo dà unione, compattezza e resistenza al suolo.

Quando trattasi di adoperare materiali non ancora ben esperimentati, è imprudente il volerli giudicare alle sole apparenze; importa instituire degli opportuni esperimenti per assicurarsi se possono convenire nella formazione delle inghiaiate; e prima di procedere all'impiego di ghiaie che vengono dalle cave in mescolanza di sostanze terrose, è indispensabile di depurarle, o coll'operazione della vagliatura alla ramata di ferro, o colla lavatura, o col lasciarle stivate per sei mesi in cumuli regolari alti circa metri 0,75, affinchè possano essere dilavate dalle piogge.

Per rapporto alla grossezza delle pietruzze componenti la ghiaia ed il pietrisco da impiegarsi nella formazione delle inghiaiate si può ritenere: che le ghiaie fluviatili o fossili non devono contenere pezzi con grossezza maggiore di metri 0,04, nè minore di metri 0,02, e che devono essere spaccati i ciottolini più grossi; e che il pietrisco non deve presentare pezzi con lato maggiore di metri 0,05, nè minore di metri 0,02.

Il pietrame per la massicciata deve provenire da pietre dure, e può essere di mina o di sassi. La forma dei diversi suoi pezzi si accosterà alla parallelepipeda, colla lunghezza di metri 0,38 a metri 0,15, colla grossezza di metri 0.15 a metri 0,10, e coll'altezza di metri 0,25 a metri 0,12. Questo pietrame impiegato nella formazione della massicciata, lascia sempre delle commessure che devono essere riempite con pietrame più minuto ed allo stato di schegge.

78. **Formazione delle inghiaiate.** — Si riduce innanzi tutto la superficie del terreno su cui l'inghiaiata va eseguita ad avere la forma che superiormente deve presentare quella dell'inghiaiamento; si comprime bene il fondo così preparato colla mazzaranga, o facendovi passar sopra un pesante cilindro; e quindi per cordoli e col badile si distende la ghiaia od il pietrisco, regolarizzandone la superficie col rastrello di ferro.

Soventi i diversi cordoli vengono sottoposti alla cilindratura dopo l'innaffiamento della ghiaia, perchè così i detriti che si producono per effetto della compressione trovano l'elemento che loro occorre per convertirsi in quel cemento naturale che deve avvilupparc le pietruzze e formare un tutto assieme ben unito e solido.

Il peso dei cilindri che si adoperano per comprimere il fondo e le inghiaiate deve essere da 5 a 8 tonnellate, e la loro lunghezza di circa metri 1,50. I cilindri di legno con cerchiature in ferro sono quasi caduti in disuso, perchè si consumano assai celeremente, quelli in pietra si deformano con facilità, ed i cilindri vuoti in ghisa, portati ad avere il peso voluto col riempirli di sabbia, sono quelli che riescono più vantaggiosi.

79. Inghiaiate per strade carreggiabili. — Le inghiaiate per strade carreggiabili si estendono ordinariamente per la sola larghezza della carreggiata che, giusta l'importanza del transito, si può ritenere come variabile fra 3 e 6 metri, e si collocano in una fossa, o *incassatura* o *cassa*, con un'altezza che difficilmente nel mezzo sorte dai limiti inferiore o superiore di metri 0,25 e di metri 0,40, e che fra tali limiti cresce coll'attività del carreggio, colla cedevolezza del fondo della cassa e colla facilità di consumo nel materiale.

La superficie superiore di un'inghiaiata deve assecondare il profilo trasversale della strada per la quale viene costrutta; generalmente questa superficie è *a schiena*, ossia convessa in modo da essere un arco elittico o un arco di circolo colla saetta compresa fra 1/72 ed 1/30 della corda la sezione prodotta da un piano verticale diretto secondo la larghezza della carreggiata; talvolta per le strade di montagna poco larghe si fa a tetto, riducendola ad un piano inclinato con pendenza di circa 1/20, ed assai di rado si fa a *culla*, ossia inclinata dai lati della strada verso il mezzo. Le casse d'inghiaiata, che si fanno a fondo orizzontale nelle rocce, vengono generalmente ridotte ad avere fondo parallelo o pressochè parallelo alla superficie della carreggiata, allorquando trovansi scavate in sostanze terrose. Un'inghiaiata deve essere simmetrica rispetto alla superficie verticale passante per l'asse della strada in cui viene costrutta, e nel caso che il fondo della cassa non sia parallelo alla superficie della carreggiata, la sua grossezza sui lati può essere di metri 0,05 a metri 0,10 minore di quella che si verifica nel mezzo.

La pendenza, che assegnasi alle inghiaiate per strade carreggiabili nel senso longitudinale, non deve essere maggiore di 1/12 se vuolsi che il transito dei carri si possa fare senza pericolo, e non deve essere guari minore di 1/50 se si desidera avere un sufficiente scolo delle acque.

Diversi sono i sistemi che vennero applicati per la costruzione delle carreggiate o inghiaiate per strade carreggiabili, e tutti si

possono ridurre al *sistema antico*, al *sistema di Trèsaguet* e *di Telford*, ed al *sistema di Mac-Adam*. I due primi sistemi sono fondati sul principio che debbasi fare una solida e regolare fondazione all'inghiaiata, e costituirla con più strati di materiali che gradatamente diminuiscano di dimensioni dagli strati inferiori ai superiori; il terzo sistema invece si fonda sulla possibilità di poter formare con una stessa ghiaia un'inghiaiata suscettiva di consolidarsi in modo da assomigliare ad una massa unica omogenea, inalterabile ed avente in se stessa un fermo appoggio sul sottostante terreno.

80. **Carreggiate costrutte col sistema antico.** — Prima dell'introduzione dei due sistemi di Telford e di Mac-Adam, le buone e stabili carreggiate si costruivano col seguente procedimento: praticata, siccome lo indica la figura 64 che rappresenta una mezza sezione trasversale dell'opera, un'incassatura piuttosto profonda, col suolo orizzontale ben mazzarangato e coi due fianchi un po' inclinati alla verticale, si disponeva sul suo fondo uno strato di grosse pietre aggiustate di piatto e crescenti di spessore dai lembi al mezzo; sopra queste pietre si collocava un primo strato di ghiaia o di pietrisco, e fortemente si batteva; si passava dopo a porre un secondo e talvolta anche un terzo strato di ghiaia o di pietrisco in pezzi più minuti, e così si arrivava alla superficie della carreggiata.

Le carreggiate costrutte coll'indicato sistema, tra strato di fondazione ed inghiaiata, presentavano nel mezzo uno spessore di circa metri 0,60, e risultavano eccessivamente dispendiose, perchè richiedevano un grande scavo per eseguire l'incassatura, grosse pietre per la fondazione, ed un considerevole volume di ghiaia o di pietrisco per l'inghiaiata.

81. **Carreggiate col sistema di Trèsaguet e di Telford.** — Queste carreggiate sono costituite essenzialmente da due parti: la parte inferiore, detta *massicciata*, si forma con pietrame; la parte superiore, chiamata *coperta*, si compone con ghiaia o con pietrisco. La materiale loro costruzione si effettua, preparando la cassa colla larghezza stabilita per la carreggiata, col fondo parallelo o sensibilmente parallelo alla superficie che deve superiormente presentare l'inghiaiata, colla profondità di metri 0,25 a metri 0,40; facendo pestare il fondo di questa cassa colla mazzaranga o sottoponendolo alla cilindratura, formando lo strato inferiore o massicciata per un'altezza di metri 0,13 a 0,25 coll'impiego di pietrame da mina o di sassi diligentemente accomodato colla mano, battuto con

forza prima d'alto in basso, poi dai fianchi con un maglietto di ferro, posto a giacere sul fondo colla sua faccia più ampia, disposto collo spigolo più lungo nel senso trasversale della strada, e per quanto si può in filari uniformi ed a giunture alternate in modo da formare un fondamento solido e ben aderente; spianando la superficie della massicciata così formata col batterla mediante il martello e coll'empire tutte le commessure di schegge di pietra conficcatevi a forza; distendendo sopra la massicciata, e per un'altezza di metri 0,08 a metri 0,10, un primo strato di ghiaia o di pietrisco; aprendo la strada al carreggio col riparare di mano in mano le rotaie che si vanno formando, fino ad ottenere una superficie ben consolidata; e finalmente spandendo un ultimo strato di ghiaia della spessezza di metri 0,04 a metri 0,05, e formato con ghiaia e pietrisco anche più minuto di quello stato impiegato nella formazione del primo strato della coperta. La figura 65 rappresenta la mezza sezione trasversale in una carreggiata costrutta come sopra venne detto: *abcd* è l'incassatura, A la massicciata e B la coperta.

Si può anche condurre a termine la carreggiata prima di aprirla al carreggio: basta perciò di sottoporre alla cilindratura tanto il primo quanto il secondo strato di ghiaia.

Talvolta i fianchi dell'incassatura, siccome appare dalla figura 66, si fanno inclinati sotto un angolo di 20° colla verticale, e si rivestono con una cordonata di pietre talmente alta che la sommità non apparisca dopo il compimento dell'inghiaiata.

Nei terreni rammolliti, elastici e di cattivo fondo la profondità della cassa si suole anche portare fino a 50 centimetri; ed in questo caso, prima di conguagliare e di battere il suo fondo, è necessario di distendervi sopra un letto di terra, che non sia vegetale nè argillosa, dell'altezza di circa metri 0,15.

La massicciata, che è utilissima per le strade di cattivo fondo, in quanto impedisce alle terre di rifluire sulla coperta, si reputa inutile in tutti i casi in cui si ha un terreno stabile, e torna in generale conveniente di formare tutta la carreggiata con un semplice strato omogeneo di ghiaia o di pietrisco, o tutto al più con due strati, ponendo nel superiore del materiale un po' più minuto di quello che impiegasi per lo strato inferiore.

82. **Carreggiate col sistema Mac-Adam.** — Il sistema detto di Mac-Adam su ampia scala venne per la prima volta applicato alla costruzione delle strade inglesi, nelle quali non si fa generalmente distinzione fra la carreggiata ed i marciapiedi, estendendo

l'inghiaiata a tutta la loro larghezza. Ecco in che consiste questo sistema d'inghiaiamento: si prepara il terreno sul quale dev'essere eseguita l'inghiaiata giusta il profilo trasversale che deve presentare la strada; sul fondo così preparato si dispone per un'altezza di metri 0,08 un primo strato di pietrisco o di ghiaia ben depurata da materie terrose, coi pezzi di uniforme grossezza ed eguale a quella d'una noce ordinaria; questo primo strato si comprime uniformemente facendovi passare sopra un pesante cilindro di ferro; dopo si apre la strada al carreggio, badando intanto con ogni attenzione di riparare i solchi che si vanno formando pel passaggio delle ruote, levandone il fango e riponendo nuovo materiale. Allorquando si riconosce che il primo strato dell'inghiaiata è bene assodato e che più non si verificano sensibili degradazioni, si passa a formarne un secondo con materiale della stessa natura di quello che servì alla formazione del primo ed alto circa metri 0,054; anche questo strato viene sottoposto alla pressione, ed all'azione dei carri transitanti colla cura di riparare le degradazioni che di mano in mano si manifestano, e col medesimo metodo si vanno sopraponendo altri di eguale altezza fino a raggiungere uno spessore d'inghiaiata di circa metri 0,27. Nella figura 67, mediante una mezza sezione trasversale, è rappresentata un'inghiaiata sistema Mac-Adam, costrutta con soli quattro strati, il primo *a* dello spessore di metri 0,081, il secondo *b* dello spessore di metri 0,054, e gli altri due dello spessore di metri 0,045 ciascuno. Sui marciapiedi si adoperano generalmente materiali minuti, e gli strati di ghiaia hanno altezze minori di quelle che corrispondono alla carreggiata.

Nell'Inghilterra dall'anno 1815 al 1823 furono rinnovate, a seconda del sistema Mac-Adam, oltre a 4800 chilometri di strade carreggiabili, e si pretende che i vantaggi ottenuti si possono principalmente riassumere nella minore spesa che tale struttura apporta, in paragone delle altre, nella facilità di traimento e nell'economia di manutenzione.

83. **Convenienza relativa dei varii sistemi di carreggiate.** — Un ingegnere nella costruzione delle carreggiate, per quanto gli riesce possibile deve rivolgere ogni cura a conciliare una ben intesa economia col conseguimento di strade solide, facili al carreggio e di manutenzione non troppo aggravante, ed adottare in ogni circostanza quel sistema che vale ad ottenere gli indicati requisiti.

In generale sulle terre ordinarie non cedevoli e non assorbenti sono da riputarsi convenienti le carreggiate costrutte col sistema

di Mac-Adam, senza fondazione di sorta e collo spessore nel mezzo di circa metri 0,27; nei terreni che, senza essere di cattiva qualità, non sono però di natura assai resistente, si può adottare lo stesso sistema, assegnando alla carreggiata una maggior grossezza; nei terreni di natura cretosa bisogna procurare di riparare il fondo su cui posa la carreggiata dalle azioni dell'umido e del gelo, e quindi si deve adottare, o un alto strato d'inghiaiamento senza fondazione, o un inghiaiamento su massicciata disposta sopra uno strato di terra che non risenta la azioni dell'umido e del gelo; nei terreni di natura argillosa, che si lasciano rammollire dall'acqua, e che la ritengono e che diventano soggetti a rifluire, può convenire l'inghiaiamento con massicciata sopra terra di buona qualità o sopra uno strato di calcestruzzo, oppure si può direttamente stabilire la massicciata sul suolo argilloso prosciugato mediante apposite fogne con pietraie o con tubi da drenaggio.

In alcune importanti strade italiane su terre ordinarie e poco assorbenti fecero un eccellente riuscita le carreggiate presentanti superiormente una superficie che ammette per sezione trasversale (*fig.* 68) un arco di circolo *acb* colla saetta compresa fra 1/40 ed 1/30 della corda; aventi l'incassatura col suo fondo rappresentato in sezione trasversale da due linee rette *de* e *df* condotte pel punto *d*, preso verticalmente al di sotto del punto di mezzo *c* del detto arco di metri 0,25 a metri 0,30, ed inclinate in modo da essere di metri 0,20 la profondità *ae* dell'incassatura sui lati, e formate con ghiaia o pietrisco non eccedenti metri 0,04 di lato.

Nelle terre cretose si trovò sufficiente di aumentare almeno di metri 0,05 tanto l'altezza nel mezzo, quanto l'altezza sui fianchi della carreggiata; ed è nei terreni assorbenti e soggetti a divenire cedevoli che si stabilì la massicciata di fondazione.

Nelle rocce di qualsivoglia natura e sulle opere d'arte il fondo dell'incassatura si ridusse ad un piano orizzontale, posto al di sotto del margine interno dei marciapiedi (*fig.* 69) di soli metri 0,10 nel primo caso, e di metri 0,20 nel secondo.

Per accelerare l'assodamento del materiale e per rendere facile il passaggio su carreggiate di recente costrutte con pietre spaccate assai dure e di forma angolosa, si può distendere alla loro superficie uno strato di grossa arena.

84. **Inghiaiate sulle strade per pedoni.** — Le due parti di una strada carreggiabile comprese fra le estremità della carreggiata e le sommità delle scarpe, che prendono il nome di *marciapiedi* e che sono destinate al solo passaggio di persone a piedi, come pure le

strade in cui è vietato il transito di carri, di carrozze e di grossi quadrupedi, risulterebbero dispendiose oltre il bisogno ed assai incomode principalmente nei primordi di loro costruzione, qualora venissero coperte da uno strato di ghiaia o di pietrisco con dimensioni eguali a quelle del materiale che suolsi impiegare per tutta la larghezza della carreggiata. D'altra parte queste strade non possono generalmente risultare nè buone, nè comode, nè solide, lasciando che il terreno naturale ne formi il loro suolo; ed importa di coprire questo terreno, spianato in modo da presentare una piccola pendenza (almeno di 1/50) verso i fossi, con uno strato di costante altezza, permeabile all'acqua e costituito generalmente di ghiaie fine mescolate con sabbia, o semplicemente di arena, o anche di uno strato di ghiaia minuta sottostante ad uno strato d'arena. La indicata coperta, essendo permeabile all'acqua, non lascia che questa si fermi sul suolo stradale, e che dia luogo alla produzione di fango. Il materiale da impiegarsi per la formazione di queste inghiaiate non deve essere troppo minuto; e sovente torna conveniente che la sabbia sia un tantino argillosa in modo che risultino collegati i grani di cui essa si compone, senza dar luogo alla produzione di fango nei tempi di pioggia, nelle stagioni umide ed in seguito al disgelo.

85. **Manutenzione delle inghiaiate.** — Le inghiaiate, sotto le azioni atmosferiche e per il transito di animali e di veicoli, continuamente sono soggette a sfigurarsi ed a consumarsi a motivo della ghiaia o del pietrisco che si converte in polvere ed in fango. Il consumo delle inghiaiate per strade carreggiabili varia colla maggiore o minore attività del carreggio, colla minore o maggior loro larghezza, e principalmente a seconda della minore o maggior resistenza dei materiali che vennero impiegati nella costruzione. La sola esperienza può indicare in ogni circostanza particolare qual è l'assottigliamento a cui vanno soggette le inghiaiate in un dato periodo di tempo, e null'altro di sicuro si può asserire se non che nei tratti in pendenza è esso maggiore di quello che si verifica nei tratti orizzontali e su un fondo duro maggiore di quello che succede su un terreno soffice.

La *manutenzione* delle inghiaiate ha per iscopo l'immediata ed indefessa riparazione dei guasti che in esse avvengono, di levare le depressioni appena si manifestano in qualche sito con opportuni ricarichi di ghiaia, di togliere la polvere ed il fango a misura che si mostra alla loro superficie e di restituire alle medesime, in modo continuo o quasi continuo, tanto peso di buoni materiali nuovi,

quanto è il peso dei detriti che vennero ricavati allo stato di polvere e di fango.

86. **Quantità dei materiali da impiegarsi nella manutenzione delle inghiaiate.** — Per arrivare a conoscere la quantità di materiale che in un dato periodo di tempo deve essere consumata nella manutenzione dell'unità lineare di una certa strada, si possono seguire due metodi. Il primo metodo consiste nel prendere direttamente le misure di quelle linee che sono necessarie a trovare il volume del materiale componente una determinata lunghezza d'inghiaiata al cominciare ed al finire del dato periodo di tempo, nel fare questi volumi, nel sottrarli l'uno dall'altro, e nel dividere questa differenza per la lunghezza considerata onde avere il volume della parte d'inghiaiata consunta sull'unità di lunghezza. Mediamente si può ritenere che un determinato volume di ghiaia o di pietrisco, compresso e messo in opera per la formazione di un'inghiaiata, si riduce ai 7/10 del volume che aveva quando trovavasi ammucchiato, e quindi si può dire che per la manutenzione di ogni unità di lunghezza d'inghiaiata occorre un volume di ghiaia ammucchiata pari ai 10/7 del corrispondente volume d'inghiaiata consunta. — Il secondo metodo si fonda sulla misura dei detriti ricavati allo stato di polvere o di fango dal principio alla fine del periodo di tempo, corrispondentemente al quale vuolsi trovare il consumo dell'inghiaiata. Affinchè questo metodo possa condurre a plausibili risultati importa di raccogliere la polvere ed il fango che, durante il periodo dell'esperimento, si presentano alla superficie dell'inghiaiata per una nota lunghezza di strada, tenere questo separato da quella in mucchi regolari, trovare il volume sì dell'una che dell'altro quando è disseccato; dedurne quindi il loro peso procedendo a pesare direttamente una parte nota del loro volume, e dividere il peso totale per la lunghezza del tronco su cui sonosi raccolti i detriti sottoposti ad esperimento. Approssimativamente il peso così ottenuto rappresenta il peso della ghiaia o pietrisco occorrente alla manutenzione dell'unità lineare di strada, e se ne otterrà il volume dividendo detto peso per il peso dell'unità cuba della ghiaia ammucchiata. Mediamente 1 metro cubo di ghiaia ammucchiata pesa 1380 chilogrammi.

87. **Rimozione della polvere e del fango dalla superficie delle inghiaiate.** — La polvere ed il fango che rendono incomode e cattive le strade carreggiabili, la prima in tempi di siccità ed il secondo in tempi umidi e piovosi, devono essere rimossi in modo da non danneggiare la parte dell'inghiaiata che trovasi con solida struttura

Perciò si può togliere la polvere mediante la scopatura eseguita con scope grossolane e levare il fango mediante raschiatoi in lamina di ferro muniti di manico in legno quasi normale al piano della lamina, chiamati *raspe*, e maneggiati da uomini, i quali devono lavorare in modo da incominciare dall'asse per far venire la polvere o il fango verso i margini. Le materie risultanti da tali operazioni non devono mai essere depositate nei fossi laterali della strada, ma sibbene devono essere ammucchiate a circa metri 0,40 di distanza dal loro lembo, e quindi trasportate altrove appena ultimato il lavoro.

Si cercò di operare la rimozione della polvere e del fango dalle inghiaiate mediante apposite macchine; sembra però che le macchine finora immaginate non vi trovino un'utile applicazione, sia perchè provano frequenti guasti, che sono una continua causa di interruzione del lavoro, sia perchè non sono atte a riparare le piccole degradazioni, che l'operaio intelligente immediatamente riconosce ed a cui rimedia affinchè non risultino più gravi, sia anche perchè talvolta diventano esse stesse causa di degradazione intaccando la parte resistente dell'inghiaiata.

La scopatura e la raspatura delle inghiaiate sono operazioni importanti e da farsi senza dilazioni tuttavolta che si riconoscono necessarie. Togliendo il fango, si mantiene facile il carreggio e si allontana una potente causa di degradazione delle inghiaiate i cui materiali, inteneriti dall'umidore del fango medesimo, si consumano tanto più rapidamente quanto più sono teneri; levando la polvere si toglie l'elemento che rende i suoli inghiaiati incomodi e molesti in tempi di siccità, e si impedisce la produzione di abbondante fango in tempi umidi e piovosi.

88. **Ricarichi di materiali per far sparire i solchi e le pozze che si manifestano nelle inghiaiate.** — Allorquando si manifestano dei solchi, delle cavità e delle depressioni in un'inghiaiata, e che non riparandole si va incontro al pericolo di gravi danni, è necessario di riempirle e di conguagliare il suolo mediante opportuni ricarichi di buon materiale. Questi ricarichi devono essere eseguiti per strati di piccola grossezza, e converrà aspettare che pel transito siasi ben consolidato lo strato ultimamente posto prima di procedere alla formazione del successivo. Presentandosi molte degradazioni su un suolo stradale, nell'intento di non porre gravi ostacoli al carreggio, si ripareranno prima le più profonde, e di mano in mano si verrà alla riparazione di quelle poco profonde. I ricarichi di fresco fatti devono essere sorvegliati per porre a

posto le ghiaie che facilmente spostano le zampe degli animali e le ruote dei carri.

Nella stagione estiva torna vantaggioso di innaffiare un tantino le ghiaie che vengono impiegate nei detti ricarichi di manutenzione, perchè la poca polvere che involve la ghiaia finisce per costituire come un cemento che dà unione alle diverse parti di cui essa si compone.

I tempi piovosi sono i più utili per riparare i solchi e le pozze che si manifestano nelle inghiaiate, e l'epoca più conveniente è quella che corre da ottobre ad aprile, perchè in tale stagione, a motivo della naturale umidità del suolo, le materie distese per strati sottili si consolidano presto coll'inghiaiata, senza lasciarsi acciaccare dalle ruote dei carri e senza costringere i motori animati a grandi sforzi.

89. **Ricarichi di materiali per dare alle inghiaiate la grossezza iniziale.** — I ricarichi, di cui si è tenuto parola nel precedente numero, e che vengono soltanto qua e là eseguiti per riparare i solchi e le pozze che si manifestano soventi alla superficie delle inghiaiate, vuoi nei siti in cui il transito succede più attivo, vuoi per cedimento del sottostante terreno, vuoi per il passaggio di veicoli enormemente pesanti che sul suolo produssero un'insolita pressione, non sono generalmente bastanti per dare all'inghiaiata quel materiale che è necessario a sostituire quello stato ridotto in polvere e fango, e si rendono necessari dei ricarichi da eseguirsi colle seguenti norme: in appositi siti di deposito ed in cumuli regolari alti circa metri 0,75 si fa prima ammucchiare la ghiaia od il pietrisco, ed ivi si lascia da settembre ad aprile, o da aprile a settembre, affinchè venga ben dilavata dalle piogge; nell'aprile o nel settembre successivo al settembre o all'aprile in cui la ghiaia venne raccolta nei siti di deposito, si fa il trasporto della medesima al luogo in cui deve essere impiegata, e si stiva in piccoli cumuli prossimamente eguali fra di loro; arrivata l'epoca conveniente allo spandimento del materiale raccolto, la qual epoca è quella che trascorre tra ottobre ed aprile, si fa nettare dall'asse ai margini tutta la superficie da inghiaiarsi, trasportando altrove il fango o la polvere ottenuta; si incomincia dopo lo spandimento eseguendolo in piccola quantità alla volta e per istrati di metri 0,05 se viene adoperato pietrisco, e di metri 0,04 se impiegasi ghiaia naturale.

Nel fare questo spandimento si deve aver cura di colmare, giusta il voluto profilo la superficie dell'inghiaiata, di togliere i solchi e

di conguagliare il suolo. Qualora sia necessario un ricarico con grossezza maggiore di metri 0,05, la ghiaia verrà distesa per istrati successivi non eccedenti metri 0,04 in altezza, e non si passerà al distendimento di uno strato qualunque prima che pel transito sia ben consolidato lo strato precedentemente posto. Trattandosi di strade, la ghiaia che già per sei mesi rimase accumulata sulle piazzette di deposito, si trasporta ed in piccoli cumuli eguali ed equidistanti si stiva da un lato della strada sulla quale deve essere impiegata, a distanza di circa metri 0,40 dal lembo dei fossi.

I ricarichi generali non devono essere fatti: nè per zone longitudinali, perchè altrimenti il carreggio si farebbe per la massima parte sulle zone non inghiaiate con pronto loro deterioramento; nè contemporaneamente su tutta la lunghezza di un considerevole tronco di strada, perchè si renderebbe difficile e talvolta impraticabile il transito. Il miglior partito sembra quello di procedere per zone trasversali alternate non molto lunghe, per guisa che gli animali applicati ai carri dopo un tratto di strada difficile vengano a percorrere una tratta meno incomoda; e di inghiaiare le zone lasciate scoperte quando l'inghiaiamento di quelle con cui si trovano alternate ha acquistato compattezza ed una superficie resistente abbastanza regolare.

I ricarichi generali vengono talvolta compressi, facendovi passar sopra dei pesanti cilindri in ghisa ripieni di sabbia, oppure dei grossi cilindri in pietra assai resistente. Prima della cilindratura importa di innaffiare il materiale da comprimersi, conviene procedere successivamente per zone longitudinali, e fare l'operazione da 4 a 5 volte.

Questo sistema dei ricarichi cilindrati, che rende subito facile il carreggio, riesce molto dispendioso e quasi esclusivamente è riservato alle strade inghiaiate che trovansi nell'interno di città e di paesi.

90. **Ricostruzione delle inghiaiate.** — Le inghiaiate che per trascuranza di manutenzione si trovano ridotte a tale stato di degradazione da risultare impossibile il carreggio, devono essere nuovamente costrutte, e la ricostruzione può essere *totale* o *parziale*.

La *ricostruzione totale* consiste: nel rompere, mediante il piccone, la vecchia inghiaiata; nel passare al graticcio il materiale che si ricava per separare quello che può ancora servire da quello reso inservibile come troppo minuto; nel mescolare materiale nuovo a

quello vecchio riconosciuto buono; nel preparare il fondo dell'inghiaiata e nel rifarla colle norme date parlando in genere della costruzione delle carreggiate e delle inghiaiate. Questo sistema, applicato alla ricostruzione di una strada, oltre di riuscire molto costoso, ha il notevole inconveniente di impedire la circolazione qualora si applichi su tutta la larghezza della carreggiata; applicato poi per piccoli tronchi e solo per metà larghezza della strada, restringe solamente il sito destinato al transito, il quale tutto al più può essere di qualche poco ritardato, ma non impedito.

La *ricostruzione parziale* si riduce: a praticare dei tagli in diversi siti dell'inghiaiata che vuolsi rinnovare; a misurare ed a paragonare gli spessori della vecchia inghiaiata in questi siti con quello costante che vuolsi avere nell'inghiaiata ricostrutta; nel fare dei ricarichi dove quella si riconosce di spessore mancante, e nel lasciare che il carreggio la consumi dove si trova di spessore eccessivo, e con superficie superiore più elevata di quella che deve avere l'opera ricostrutta. I ricarichi si devono fare per strati non molto alti e colle norme state indicate nei numeri 88 e 89.

ARTICOLO II.

Selciate e lastricati.

91. Selciate e pendenza minima della loro superficie superiore. — Le selciate sono pavimenti costituiti da ciottoli naturali, che vengono costrutti per ottenere suoli resistenti al passaggio di grandi carichi ed agli urti dei piedi ferrati degli animali. I ciottoli o le pietre, che si impiegano nella formazione delle selciate, o si posano semplicemente sopra un letto di arena, ovvero si dispongono in uno strato di malta: nel primo caso si ha una *selciata a secco,* nel secondo caso una *selciata in malta.*

Le superficie delle selciate possono essere piane o curve, ma non mai orizzontali, se pur vuolsi avere un sufficiente scolo delle acque; la pendenza minima che deve presentare questa specie di pavimento nel senso delle linee di maggior pendìo delle sue facce non deve essere inferiore ad 1/50.

92. Materiali da impiegarsi nella formazione delle selciate. — Le pietre, che meglio convengono nella formazione delle selciate, sono quelle dure, di grana omogenea, di superficie non troppo levigata, inalterabili alle azioni delle intemperie e delle gelate, scelte

presso a poco dello stesso volume, e per quanto si può aventi forma piramidale tronca. I ciottoli di natura silicea, granitica, quarzosa, arenaria dura, basaltica e vulcanica sono i migliori; e devono mediamente avere la grossezza di metri 0,08 e la lunghezza di metri 0,12.

L'arena da impiegarsi nella formazione delle selciate per quanto si può deve essere pura e non contenere in mescolanza delle sostanze terrose che la rendano capace di ritenere l'umidità. Generalmente poi deve essere di qualità idraulica la malta da impiegarsi per la costruzione delle selciate poste su un letto di detto materiale.

Le selciate vanno sempre costrutte su un fondo duro resistente in modo uniforme; per raggiungere lo scopo si usa talvolta di stabilire il loro impianto su d'un inghiaiamento fatto con materiali che soddisfino alle condizioni espresse nel numero 77.

93. **Costruzione delle selciate a secco.** — L'esecuzione di queste opere si incomincia col preparare il fondo su cui devono essere stabilite. Perciò si scava il terreno sul quale va eseguita la selciata in modo da avere una superficie parallela ed a profondità di metri 0,15 a metri 0,20 sotto quella che deve presentare il lavoro ultimato, e con mazzaranghe del peso di 25 a 30 chilogrammi si batte e si ribatte il fondo dello scavo finchè sia a perfetto conguaglio e talmente compresso da non soggiacere a cedimento dopo che sarà coperto dalla selciata medesima. Preparato il fondo e determinate le pendenze ed i profili con palotti di riscontro, si segneranno colla cordicella le rincalzature, le guide, i fossatelli e le linee secondo le quali si intersecano le diverse sue facce, e quindi si farà il *letto della selciata*, distendendo per altezze uniformi un primo strato di minutissima ghiaia alto metri 0,05, ed un secondo strato di arena alto da metri 0,10 a metri 0,15.

Dopo questo, seguendo gli andamenti marcati dalla funicella, si faranno le rincalzature, le guide, i fossatelli, le intersezioni; per tale lavoro si sceglieranno i ciottoli più belli e di maggiori dimensioni, e con ogni cura si porranno a sito ben assettati sulla *coda* a colpi di martello.

Per selciare gli interposti intervalli s'impiegheranno ciottoli comuni, disponendoli verticalmente e di punta per corsi regolari ben accostati gli uni agli altri e solidamente assodati col martello, finchè le loro teste si trovino all'altezza di metri 0,04 al di sopra della superficie che deve presentare la selciata ad opera finita.

Costrutta una grande estensione di selciata, si procede alla sua

pigiatura, che deve essere fatta per corsi regolari con uniformità e con accuratezza, operando come segue: si distende sulla superficie ed in modo uniforme tanta sabbia che sia sufficiente ad empire tutte le commessure esistenti fra i ciottoli e da arrivare all'altezza delle loro teste, possibilmente nel giorno stesso in cui la selciata venne costrutta, e mediante una mazzaranga del peso di 15 a 20 chilogrammi si batte in due riprese, in prima a piccoli colpi e poi a colpi più gagliardi; si umetta al giungere della sera; nel dì seguente si ribatte a rifiuto con una mazzaranga del peso di 25 a 30 chilogrammi; e finalmente si termina l'opera ricoprendola con uno strato di sabbia alto circa metri 0,03.

94. **Costruzione delle selciate in malta.** — Il fondo, sul quale deve essere stabilita una selciata in malta, si prepara in modo che risulti di circa metri 0,20 al di sotto della superficie superiore che deve presentare l'opera finita; si tracciano, come venne detto nel precedente numero, le rincalzature, le guide, i fossatelli e le intersezioni delle diverse facce; si stabilisce sul fondo medesimo uno strato di sabbia alto almeno 0,18, e vi si distende sopra un letto di malta. I ciottoli si pongono in opera sul letto di malta sovrastante allo strato di sabbia accostandoli l'uno all'altro e battendoli col martello finchè fra la malta rifluente trovano un solido assetto. Così compiuta una certa estensione di selciata, si riempiono le commessure di grossa arena e di copiosa malta liquida, e quindi si pareggia colla cazzuola questa coperta in modo da renderla liscia ed unita su tutta l'estensione della selciata.

Invece della malta liquida si può anche far uso di limatura di ferro mescolata coll'arena, la quale limatura, ossidandosi per l'acqua che cola sulla selciata e che penetra nelle commessure dei ciottoli, forma coll'arena una specie di roccia aderente alle pietre.

95. **Selciate per strade.** — Le selciate per strade si presentano nella loro superficie superiore o piane o curve. Sono piane quelle dette *a tetto*, ossia colla superficie costituita da un sol piano inclinato verso un margine della strada, e quelle altre chiamate *a culla* colla superficie superiore risultante da due piani con inclinazione dai lati verso il mezzo, sono curve quelle dette *a schiena* che ammettono per sezione trasversale della loro superficie superiore un arco circolare. Le figure 70, 71 e 72 rappresentano rispettivamente le sezioni trasversali in una selciata a tetto, in una selciata a culla ed in una selciata a schiena.

Le selciate per strade si costruiscono ordinariamente colle norme date al numero 93; nel senso trasversale, onde avere la necessaria

solidità ed uno scolo sufficiente delle acque, senza esporre i carri al pericolo di rovesciarsi, si assegna loro una pendenza che stia fra 1/50 ed 1/25; nel senso longitudinale si procura che sia almeno di 1/100 per il pronto scolo delle acque, ma che non risulti maggiore di 1/20, perchè altrimenti si creerebbero delle gravi difficoltà al transito dei carri carichi.

96. **Rinnovamento di selciate.** — Nel rinnovare le selciate si possono in parte utilizzare i ciottoli provenienti dalle selciate vecchie. Perciò bisognerà procedere con cura nella demolizione, separare i ciottoli infranti da quelli interi ed all'occorrenza nettare e scalcinare questi ultimi. Il letto della vecchia selciata si dovrà rendere mobile per una profondità di metri 0,15 a 0,28; si dovranno levare i frantumi di pietra, di malta disseccata e qualsiasi materia terrosa, e finalmente si dovrà conguagliare col rastrello in modo che risulti con superficie parallela a quella del pavimento da ricostruirsi. Sopra il letto così preparato si distenderà uno strato di sabbia alto da metri 0,06 a metri 0,10, e quindi si procederà a fare la selciata a secco o in malta coi precetti dati negli ultimi due numeri.

97. **Lastricati e pendenza minima della loro superficie superiore.** — I lastricati sono pavimenti composti di pietre ridotte col taglio a figura regolare, a dimensioni prestabilite, posate semplicemente sopra un letto di sabbia o anche sopra uno strato di malta.

Un lastricato, sul quale deve aver luogo il passaggio di grossi quadrupedi, di carrozze e di carri si posa ordinariamente su un letto di arena, e deve essere fatto con pietre di ragguardevole spessore, ma di lunghezza e di larghezza non troppo grande, affinchè le forti pressioni eccentriche, a cui soventi vengono assoggettate, non producano facilmente il loro dissesto rendendo il lavoro di breve durata e di aggravante manutenzione. I lastricati pel solo passaggio di pedoni si fanno con lastroni, si stabiliscono quasi sempre su malta, e talvolta anche su uno strato di muratura o di calcestruzzo.

Le superficie dei lastricati, sui quali non vengono mai a cadere delle acque, possono essere orizzontali; quelle dei lastricati esposti alle intemperie, analogamente a quanto si è detto per le inghiaiate e per le selciate, non devono essere tali, e sembra conveniente di assegnar loro una pendenza non minore di 1/60 nel senso secondo il quale dovranno discendere le acque che ad essi arrivano.

98. **Materiali da impiegarsi nella formazione dei lastricati.** — I conci da impiegarsi nella formazione de'lastricati, che devono

essere battuti dai piedi ferrati di grossi animali e che devono sopportare le pressioni di pesanti carri, saranno costituiti da pietre dure, ma non di quelle che col fregamento finiscono per diventare troppo levigate con continuo pericolo di sdrucciolamento degli animali che sopra vi passano. La loro forma sarà regolare, e generalmente parallelepipeda colle dimensioni mediamente variabili fra metri 0,20 e metri 0,50 la lunghezza, fra metri 0,10 e metri 0,20 la larghezza, e fra metri 0,15 e metri 0,25 l'altezza; le loro facce laterali e la faccia inferiore saranno lavorate a pelle piana grossolana; la faccia superiore invece sarà lavorata a pelle piana rustica.

I lastroni da adoperarsi per lastricati che devono servire al solo passaggio di pedoni, saranno anche di pietra dura, lavorati nella faccia superiore a pelle piana rustica ed a spigoli vivi, e presentare uno spessore che sia in relazione coll'importanza del transito che su essi deve aver luogo.

Nei marciapiedi per strade, sotto pubblici portici ed in genere nei siti molto frequentati, in cui i lastroni si trovano assoggettati ad un continuato fregamento, non conviene adoperare di quelli che abbiano spessore al di sotto di metri 0,06; nei marciapiedi per portici privati, sui terrazzi ed ovunque il passaggio non sia continuato si può ridurre detto spessore fino a metri 0,04. Le lastre di piccolo spessore difficilmente hanno lati maggiori di metri 0,55 a metri 0,75; quelle grosse possono presentare lati maggiori; e nei marciapiedi non troppo larghi per strade si adoperano generalmente lastroni aventi un lato eguale alla larghezza dei marciapiedi medesimi.

La sabbia per lastricati deve essere piuttosto dura e non terrosa; ed è sempre bene che la malta sia di qualità idraulica.

99. **Costruzione dei lastricati con conci posati su sabbia.** — Si incomincia dallo scavare e dal regolarizzare la superficie del terreno, finchè risulti parallela a quella che superiormente deve presentare il lastricato da farsi; il fondo così scavato si batte ben bene; sopra si distende uno strato di sabbia dell'altezza di metri 0,15 a 0,20, e quindi per filari regolari bene allineati colla cordicella si dispongono i conci, accostandoli gli uni agli altri e fortemente battendoli colla mazzaranga per dar loro un assestamento stabile.

Così fatta una parte di lastricato, si riempiono perfettamente tutte le commessure con sabbia, e si regolarizza la superficie facendo saltare collo scarpello quelle parti di pietra che producono dei sensibili risalti.

Dovendosi stabilire un lastricato del genere di quelli di cui stiamo ragionando, sopra un terreno mal fermo, importa di fare ad esso una fondazione mediante uno strato di ghiaia, di calcestruzzo, con muratura o anche con conci già usati.

L'osservazione che la sabbia interposta alle commessure esistenti fra i conci serve come di filtro per dar passaggio all'acqua, la quale può così arrivare fino al terreno su cui il lastricato appoggia compromettendone la stabilità, ha fatto nascere l'idea di collegare i conci con malta idraulica. L'esperienza però ha fatto vedere che un tale procedimento, oltre l'inconveniente di ritardare l'uso del lastricato fino ad epoca in cui la malta abbia fatta salda presa, non impedisce le filtrazioni dell'acqua; imperocchè la malta, colle scosse che subiscono i conci per effetto dei grandi carichi transitanti, finisce per rompersi lasciando delle fenditure fra concio e concio.

100. Costruzione dei lastricati con malta. — Per fare un lastricato con malta si incomincia dal preparare una superficie parallela a quella che superiormente deve affettare l'opera da eseguirsi; si dispone su questa superficie un letto di sabbia o di calcinaccio vagliato dello spessore di metri 0,06 a metri 0,10; mediante la cordicella si segnano i filari secondo i quali si vogliono disporre le lastre, e si posano queste sopra una lattata di malta distesa sull'accennato letto per un'altezza di circa metri 0,04, battendole, calzandole con rottami ed accuratamente stuccandone le commessure che non devono presentare larghezza maggiore di metri 0,006.

Nello stabilimento di marciapiedi, sullo strato di sabbia suolsi ben soventi porre uno o più corsi di mattoni, ed è al di sopra di questi che si distende la malta sulla quale devono essere posati i lastroni.

101. Lastricati per carreggiate. — I lastricati per carreggiate, il cui uso va ogni giorno propagandosi nella città per la formazione dei suoli stradali, si fanno generalmente *a schiena* e qualche volta anche *a culla*. Allorquando il lastricato è a schiena, le acque che cadono sulla sua superficie superiore vengono raccolte in due incavature longitudinali *a* e *b* (*fig.* 73 e 74), sul cui fondo esistono di tanto in tanto le bocche di scarico nei sottostanti condotti; allorquando il lastricato è a culla, l'incavatura in cui cadono le acque è una sola posta nella direzione dell'asse stradale.

Le migliori strade lastricate carreggiabili sono quelle che hanno pendenza nulla o quasi nulla nel senso longitudinale. Quando è

necessità di farle inclinate devono avere pendenza minore della pendenza limite che suolsi assegnare alle strade selciate; e per impedire che il piede ferrato degli animali vi sdruccioli, conviene rigare la superficie superiore dei conci incidendo delle solcature parallele per largo e per lungo, le quali, facendo l'ufficio delle commessure lasciate dai ciottoli nei suoli selciati, trattengono il piede degli animali.

Le strade lastricate si fanno disponendo i conci, o colla loro lunghezza in senso normale alla direzione dell'asse stradale, oppure a *resta di pesce*. Le figure 73 e 74, ciascuna mediante la proiezione orizzontale e la sezione trasversale secondo la direzione XY, danno un'idea sufficientemente nitida delle indicate due disposizioni. Nella prima disposizione bisogna evitare che i giunti paralleli alla direzione dell'asse stradale si corrispondano, e per quanto è possibile bisogna cercare di falsarli in modo che una stessa ruota di carri non li incontri con troppa frequenza. La seconda disposizione, meno della prima, fornisce buona presa ai piedi degli animali; sembra però che il suo impiego non sia svantaggioso nelle strade le quali hanno piccola pendenza nel senso longitudinale, e che sia conveniente nelle crociere delle strade (*fig.* 75).

Anche nel fondo delle incavature in cui vengono a raccogliersi le acque cadute sulla superficie stradale, per quanto si può bisogna evitare l'esistenza di giunti continui, pei quali, più che in qualsiasi altro sito, verrebbero a prodursi quelle filtrazioni che in breve tempo potrebbero danneggiare la strada. Per impedire che questo succeda è necessario di tagliare i conci da porsi al sito dell'incavatura in modo da presentare superiormente una superficie concava (*fig.* 76). Questo taglio però accresce notevolmente il costo dell'opera, ed ordinariamente si preferisce di disporre i conci concorrenti a formare l'incavatura in modo che due giunti successivi non si corrispondano senza badare alla lieve tortuosità che deve allora presentare il fondo dell'incavatura medesima. Nella disposizione a resta di pesce i conci a base trapezia, formanti i due filari laterali (*fig.* 77), e che devono superiormente presentare una superficie elevantesi verso i marciapiedi, si dispongono generalmente come appare in proiezione orizzontale dalla citata figura, ossia coi lati paralleli delle loro basi trapezie in direzione normale a quella delle lunghezze degli altri conci.

Una guida A (*fig.* 73, 74 e 77), formata con conci disposti colla loro lunghezza in direzione parallela all'asse della strada, è neces-

sario di porre fra ciascun marciapiede e la parte centrale della strada. Queste guide, che rinfiancano la carreggiata ed i marciapiedi contribuiscono molto a dare solidità e fermezza a tutte le pietre che compongono il suolo stradale.

102. Riparazioni e rinnovamento dei lastricati. — Le riparazioni occorrenti ai lastricati consistono generalmente nel togliere le lastre od i conci comunque degradati per correggere le loro degradazioni e porli nuovamente a sito, o per rimpiazzarli con altre lastre o con altri conci.

I lastroni ed i conci rotti devono essere rimpiazzati da altri; i conci semplicemente incavati alla superficie superiore possono utilmente essere reimpiegati, togliendoli dal sito in cui giacciono e rimettendoli in opera colla faccia superiore al disotto. L'esperienza ha fatto vedere che le lastre ed i conci già usati presentano generalmente una resistenza diversa da quella delle lastre e dei conci nuovi, per cui sembra prudente consiglio di operare le riparazioni occasionanti rinnovamento di lastre e di conci coll'impiego di lastre e di conci non nuovi all'uopo ritagliati.

Nei lastricati con conci su sabbia (numero 99), si prescrive da alcuni ingegneri di smuovere il letto su cui appoggiava il concio rimosso prima di rimettere a posto, vuoi il concio stesso, vuoi un altro concio; questa pratica però non sembra troppo conveniente in quanto che si smuove e si rompe un fondo già ben sodo, e pare miglior avviso quello di togliere soltanto la parte superficiale di detto fondo resa terrosa e fangosa per le filtrazioni d'acqua verificatesi attraverso le commessure esistenti fra concio e concio, e di sostituire nuova sabbia alla parte tolta.

Nei lastricati su sabbia e malta (numero 100), occorrendo di rimettere a posto una vecchia lastra smossa o di rimpiazzare una lastra spezzata con un'altra intiera, è necessario di smuovere il primitivo letto di malta e di rifarlo a nuovo. Nei lastricati invece posati su uno strato di muratura costituito da due o più corsi di mattoni, se questa muratura non manifesta degradazioni, in generale non si smuove e si reputa sufficiente di levare il solo strato di malta sul quale appoggiava il lastrone rimosso; di nettar bene la superficie superiore del corso supremo di mattoni, di bagnarla e di riporvi nuo strato di malta fresca con sopra il lastrone da impiegarsi per compiere la riparazione.

I rinnovamenti generali dei lastricati si fanno ordinariamente utilizzando quelle lastre e quei conci che possono ancora servire, ed aggiungendo il necessario numero di lastre e di conci nuovi o

provenienti dalla demolizione di altri lastricati. Dovendosi impiegare pietre nuove e pietre già usate, sottoposte ad opportuni ritagli, si pratica da taluni di alternare i filari di quelle coi filari di queste; se però si osserva alla diversità di resistenza che saranno per opporre le due qualità di pietra, di leggieri si riconosce riprovevole l'indicato metodo, e si è indotti a giudicare miglior partito quello di impiegare in un sol sito tutte le pietre nuove ed in un sol sito tutte le usate.

Nella rifattura di un lastricato con conci su sabbia è bene di non smuovere tutto il vecchio fondo sodo, di togliere solo quello strato superiore che si presenta di natura terrosa e fangosa, e di aggiungere sul fondo rimasto la necessaria quantità di buona sabbia sulla quale verranno poi posati i conci, come se si trattasse di fare un lastricato nuovo (numero 99). Il rinnovamento dei lastricati eseguiti con lastre posate su un letto di malta (numero 100) esige che si smuova tutto lo strato di vecchia malta, e che tutte le lastre destinate a rinnovarlo vengano posate sopra una nuova lattata di malta. Per quanto concerne al rinnovamento dei lastricati costrutti mediante lastroni posti su muratura, bisogna togliere tutto lo strato di malta che trovavasi interposto fra la muratura ed i lastroni smossi, nettare ben bene la superficie superiore della muratura medesima, bagnarla, e porre a posto ciascun lastrone su uno strato di malta fresca; dove la muratura presenta delle degradazioni deve essere rifatta con cura ed in modo che la nuova ben si colleghi colla vecchia.

105. **Selciate con rotaie e marciapiedi.** — Un sistema di suolo stradale che tramezza fra quello delle selciate e quello dei lastricati, è il sistema che si può chiamare *misto*, ed in cui si fa contemporaneamente l'impiego di ciottoli e di grandi lastre. Le grandi lastre si adoperano per la formazione dei marciapiedi e per stabilire uno o più binari di guide o *rotaie* destinate al passaggio delle carrozze; i ciottoli si adoperano nelle parti intermedie. La figura 78 rappresenta la sezione trasversale in uno di siffatti suoli stradali con marciapiedi e due binari di rotaie. I marciapiedi A, che hanno larghezza proporzionata a quella della strada ed all'importanza del transito, senza però che sia di molto inferiore a metri 0,75, presentano sempre una pendenza (numero 97) verso il mezzo della strada per dar scolo alle acque che su essi vengono a cadere. Le parti selciate B esistenti fra i marciapiedi e le rotaie, con larghezza che possibilmente deve essere maggiore di 1 metro, sono pure inclinate per lo stesso verso dei marciapiedi con con-

veniente pendenza (numero 91). Fra ciascun binario di rotaie, costituito da due filari paralleli C di grosse lastre, ciascuna colla larghezza di metri 0,60, collo spessore di metri 0,15 a metri 0,25, colla lunghezza media fra 1 metro e 2 metri e posate a distanza di circa metri 1,40 da asse ad asse, esiste una selciata D a superficie concava che viene battuta dai piedi degli animali quando le ruote dei veicoli che essi trainano sono su un binario di rotaie, ed in cui si trovano le bocche che scaricano nei sottostanti condotti le acque cadute sul suolo stradale. La superficie esistente fra un binario e l'altro, che deve avere larghezza non guari inferiore a metri 1,20, è coperta da una selciata E costrutta a schiena nell'intento di ottenere che vengano versate nelle selciate a culla, esistenti nel mezzo di ciascun binario di rotaie, le acque che su essa vengono a cadere.

Un metodo, che si è riconosciuto vantaggioso nella costruzione dei suoli stradali selciati con rotaie e marciapiedi, e che concilia la durata all'economia, consiste nel disporli su un fondo sodo fatto con ghiaia disposta su tutta l'estensione della strada in uno strato di altezza non minore di metri 0,12, e nello stabilire i marciapiedi in modo che, oltre all'avere detto fondo, posino sopra un letto di muratura formata con due corsi di mattoni.

Le selciate con rotaie e marciapiedi in grandi lastre sono di uso assai frequente nella formazione dei suoli per strade interne, sono più economiche dei lastricati, e partecipano in gran parte ai vantaggi che questi presentano relativamente alla facilità del tiro con minor pericolo di sdrucciolamento degli animali.

I suoli stradali, in cui alle selciate poste fra i marciapiedi ed i binari di rotaie si sostituiscono dei lastricati a conci, sembrano di qualche pratica utilità nelle larghe vie molto frequentate. Nelle vie con due binari di rotaie si può fare il lastricato anche fra un binario e l'altro, e lasciare a ciottoli solamente quelle liste di suolo che trovansi fra le rotaie di uno stesso binario.

104. Riparazioni e rinnovamento delle selciate con rotaie e marciapiedi. — I guasti, che le acque ed il continuato transito cagionano ai suoli stradali di cui si tratta, si riducono segnatamente in avvallamenti ed in scompaginamenti delle parti selciate, in solcature e cavità che si vanno facendo sulle rotaie, in smussature che subiscono i loro spigoli, in degradazioni che provano i marciapiedi. Le riparazioni consistono ordinariamente nel rifare le parti guaste delle selciate (numero 96) e nel togliere le irregolarità maggiori che presentano le rotaie ed i marciapiedi; nel rivoltare le rotaie molto incavate e solcate colla faccia degradata al di sotto;

nel rimpiazzare qualche lastrone rotto ed inservibile con altro nuovo. Per rapporto alla smovitura del fondo sul quale si fa la riparazione vale quanto si è detto al numero 102 relativamente ai lastricati su sabbia e su muratura.

Il rinnovamento si riduce a smuovere tutti i materiali formanti il suolo stradale ed il fondo sodo su cui appoggiano, a scegliere i ciottoli, i lastroni da marciapiedi e le rotaie che ancora sono di buona qualità, ed a rifare l'opera coll'aggiunta di quei materiali che, unitamente a quelli vecchi e giudicati buoni, bastano a completarla. Le rotaie vecchie sono da riputarsi buone quando, riducendo piana la loro superficie resa incavata ed irregolare sotto il passaggio delle ruote, e quando lavorandole a spigoli netti presentano ancora uno spessore sufficiente alla destinazione che devono ricevere. Lo stesso è da dirsi dei lastroni da marciapiede. La ghiaia che ordinariamente ricavasi dal rompimento del vecchio fondo trovasi sempre un po' frantumata in mescolanza di sostanze terrose, e per utilizzare quella ancora servibile al rinnovamento dell'opera bisogna sottoporla alla vagliatura.

105. **Lastricati con incavature o fossetti laterali in ciottoli.** — Una disposizione di lastricato, la quale non può a meno che riuscire vantaggiosa, è quella rappresentata in proiezione orizzontale colla figura 79: le incavature laterali fatte con ciottoli dispensano dalla spesa di lavorare dei conci incavati, o di assegnare al loro fondo un andamento tortuoso (numero 101), ed il rinnovamento di qualche concio guasto si può fare assai facilmente senza apportare il minimo danno ai conci vicini, giacchè basta di levare un po' di selciata in corrispondenza di un dato filare per poter togliere e rimettere a sito colla massima facilità tutti i conci componenti il filare medesimo.

ARTICOLO III.

Ballast.

106. Dai costruttori di strade ferrate chiamasi col nome di *ballast* quello strato permeabile all'acqua, resistente, meno del suolo naturale suscettivo di deformarsi, meno rigido della muratura, che rimpiazza le inghiaiate delle strade carreggiabili, e sul quale si stabilisce l'armamento delle vie in ferro.

I ballast si fanno ad incassatura oppure su tutta l'estensione della via, e nella loro formazione si distinguono due strati, quello

inferiore che sopporta i dadi o le longarine o le traversine su cui appoggiano le rotaie, e quello superiore che riempie gli spazi esistenti fra i dadi, fra le longarine o fra le traversine, e che perfettamente le ricopre. L'altezza dei ballast varia colla natura dei terreni sui quali vengono posati, e nelle ordinarie circostanze si può ritenere non minore di metri 0,60 nelle trincee, e non minore di metri 0,45 sui rilevati.

107. **Materiali da impiegarsi nella formazione dei ballast.** — Le sabbie, le ghiaie, le pietre frantumate, i miscugli di laterizi rotti e di scorie, i minuti pezzi di carbon fossile e talora anche la creta, sono sostanze che vengono impiegate nella costruzione dei ballast, i quali talvolta si compongono di due diversi strati costituiti da ghiaia l'inferiore e da grossa arena il superiore.

Le sabbie fine devono essere proscritte nella formazione dei ballast; l'esperienza dimostra che in tempi di pioggia l'acqua non vi circola abbastanza bene, e che nella siccità facilmente vengono sollevate dal vento e dalle correnti d'aria prodotte dal passaggio dei convogli con grande incomodo dei viaggiatori e con grave danno delle locomotive e dei vagoni. Le sabbie mescolate con un po' d'argilla sono riputate buone, perchè quest'ultima materia contribuisce a rendere meno mobile ed a dare consistenza al miscuglio; bisogna però che l'argilla entri in piccola proporzione, perchè altrimenti, assorbendo essa e ritenendo le acque che cadono alla superficie della strada, renderebbe il ballast fangoso e cedevole.

Le ghiaie e le pietre spaccate sono da sole insufficienti alla formazione d'un buon ballast, ed è necessario mescolarle con circa 1/3 del loro volume di grossa sabbia pura o contenente poca argilla.

La ghiaia ed il pietrisco devono provenire da pietre dure, non friabili, non gelive, e devono avere una tale grossezza da passare in un anello del diametro di metri 0,05.

I laterizi frantumati in mescolanza di scorie ed i minuti pezzi di carbon fossile hanno somministrati buoni risultamenti. Lo stesso non si può dire della creta, la quale essendo geliva finisce per produrre del fango, e la quale tutto al più può essere impiegata per lo strato inferiore quando venga coperta con sabbia onde sottrarla alle influenze del gelo.

108. **Ballast ad incassatura.** — Ultimati i movimenti di terra sulla linea stradale che deve essere munita di ballast, e preparato il materiale occorrente, si incomincia dal praticare l'*incassatura* o *cassa*. Per le strade ferrate ad un sol binario quest'incassatura si può far larga circa metri 3,50 alla sommità, e metri 2,70 al fondo

colla profondità di metri 0,50; per le linee a due binari possono mediamente e rispettivamente convenire alla sommità ed al fondo le larghezze di metri 7 e di metri 6,20, con un'altezza di metri 0,50. Il fondo dell'incassatura, siccome lo dimostra la figura 80 la quale rappresenta una sezione trasversale dell'opera, deve essere trasversalmente inclinato in modo che la sezione in esso fatta da un piano normale all'asse della strada risulti composta da due linee rette *ca* e *cb* inclinate verso i margini, e presentanti la pendenza di circa 0,01. Per poi dare scolo alle acque che, cadendo sul suolo stradale e filtrando per le materie permeabili del ballast, si portano in contatto del terreno, è necessario di lasciare attraverso ai margini dei fossetti in corrispondenza dei siti in cui verranno a cadere le estremità di due contigue rotaie, e per conseguenza ad una distanza che generalmente suol essere di metri 4,50. Detti fossi talora si lasciano aperti, ma più soventi si riempiono di ciottoli e pietre spaccate e si ricoprono superiormente di terra; qualche volta si affondano di circa metri 0,15 al di sotto del fondo dell'incassatura, e le loro pareti si fanno ordinariamente con una scarpa a 45°. — Nell'intento di economizzare il materiale da impiegarsi nella formazione del ballast si adottò in molte strade il sistema rappresentato nella figura 81 mediante la sua sezione trasversale nel senso XY e la sua proiezione orizzontale, nella quale si suppone levata parte del ballast nell'intento di vedere come è fatta la sua fondazione.

Fatta l'incassatura in cui deve essere posato il ballast, si distende in essa e si batte con mazzaranghe il materiale che deve formarne lo strato inferiore alto circa metri 0,30 nel mezzo con una superficie per quanto si può orizzontale. L'altro strato di ballast, che generalmente suol essere formato di grossa arena, si colloca all'epoca dell'armamento della via.

Il trasporto del materiale formante il ballast si fa in generale mediante vagoni analoghi a quelli che si impiegano per i trasporti delle terre. Per le vie che devono essere ad un sol binario si può direttamente stabilire sul suolo, e nel sito che deve essere occupato dal binario definitivo, una via provvisoria, e far uso di vagoni tirati da cavalli e costrutti in modo da essere possibile di versare per un estremo i materiali in essi contenuti. Una volta costrutto lo strato inferiore si procede ordinariamente all'armamento della via definitiva sulla quale mediante vagoni tirati da locomotive si fa in generale il trasporto del materiale destinato alla formazione dello strato superiore.

Per le strade che devono essere a due binari il trasporto del materiale da impiegarsi nel costrurre la metà dello strato inferiore del ballast si fa quasi sempre in vagoni di sterro costrutti in guisa da versare lateralmente quanto in essi è contenuto, e tirati da cavalli su una via ferrata provvisoria collocata direttamente sul suolo nel luogo che deve essere occupato da uno dei due binari definitivi. Essendo formato questo primo strato di ballast si procede immediatamente allo stabilimento di uno dei binari definitivi, sul quale vien fatto il trasporto del rimanente materiale mediante convogli tirati da locomotive.

Nel posamento dei dadi o delle longarine o delle traversine formanti la fondazione dei binari di vie ferrate bisogna accuratamente badare che questi sostegni appoggino per un'ampia base e che tocchino per tutti i punti della loro faccia d'appoggio lo strato di ballast sul quale si trovano; che i materiali destinati a riempire gli spazi esistenti fra l'uno e l'altro di detti sostegni siano ben battuti e disposti in modo da invilupparli perfettamente, sia per rendere meno facili gli spostamenti, sia per ritardare l'infracidamento dei legnami.

109. Ballast su tutta l'estensione della via. — I ballast ad incassatura, a motivo della facilità con cui vengono ad otturarsi i fossi attraversanti i margini e per le sostanze terrose che vengono con essi a mescolarsi allorquando si smuovono le traversine, sonosi riconosciuti di manutenzione molto dispendiosa, e generalmente vien ora adottato il sistema di ballast su tutta l'estensione della via. Perciò, ridotto il terreno su cui deve essere posato il ballast a presentare due pendenze *ca* e *cb* (*fig.* 82) simmetricamente disposte dal mezzo verso i bordi della via, si dispone su esso il primo strato di ballast coll'altezza di circa metri 0,30 nel mezzo, ed operando come si è indicato nel precedente numero per quanto concerne al trasporto dei materiali; si fa dopo l'armamento della via, e quindi si procede al posamento del secondo strato.

Nelle trincee la scarpa naturale delle materie formanti il ballast costituisce soventi una delle due scarpe dei fossi: talvolta invece si sostiene il ballast mediante un piccolo muro a secco A stabilito lungo i fossi.

Sui rilevati trovansi soppressi i fossi, e le scarpe del materiale costituente il ballast fanno ordinariamente seguito a quelle del rialzo. In generale però le cose non si trovano disposte in questo modo lungo una via ferrata di recente costruzione; a motivo dei sensibili abbassamenti a cui vanno soggetti i grandi rilevati, si fa

su essi lo stabilimento del ballast, lasciandovi due piccole banchine laterali, ed a misura che gli abbassamenti succedono si toglie la via, si aggiunge nuovo ballast senza aumentare la larghezza della sua superficie superiore, e così si finisce per allargare la sua base e per ottenere che le sue scarpe si raccordino con quelle del rilevato.

110. Ballast su terreni rammolliti ed attraversati dalle acque, e su terreni paludosi. — Nelle trincee umide ed a fondo impermeabile, ma non cedevole, si può ottenere una buona strada portando l'altezza del ballast a metri 0,88 al di sotto della superficie superiore delle traversine; sui rilevati costituiti da terreni analoghi basta un'altezza di metri 0,73. Tali altezze si possono diminuire a misura che aumenta la permeabilità del fondo, e portare agli indicati limiti di metri 0,60 nelle trincee e di metri 0,45 sui rilevati (numero 106).

Su terreni argillosi ed assorbenti è necessario di assicurare una base solida al ballast, stabiliendo le cose in modo da mantenere asciutto per una certa altezza il suolo sottostante. — In alcune circostanze riuscì il partito di porre sotto la strada, siccome lo indica la figura 83 mediante una porzione di proiezione orizzontale ed una sezione trasversale nel senso XY delle fogne longitudinali A profonde da metri 0,15 a metri 0,30; di riempirle per un'altezza di metri 0,12 a metri 0,20 con ghiaia, di ricoprirle con materiali atti a dar passaggio alle acque ed a rimuovere ogni pericolo di ostruzione, e di porle in comunicazione con fogne trasversali B attraversanti il terreno sul quale appoggia il ballast dall'uno all'altro fosso laterale della strada. Le fogne longitudinali A devono essere inclinate verso le fogne trasversali, e queste devono essere pendenti in modo da riversare nei fossi laterali le acque che in esse si raccolgono. Si può anche stabilire una fogna longitudinale (*fig.* 84) presso ciascun bordo della strada con profondità minore di quella che deve presentare il fosso laterale vicino, collocare al fondo di questa fogna dei tubi di drenaggio, ricoprirli con pietre frantumate, e stabilire di distanza in distanza delle fogne trasversali B pure con tubi da drenaggio e destinate a raccogliere le acque della fogna A per riversarle nel fosso C.

Nel caso in cui il terreno sul quale va collocato il ballast si trovi notevolmente umido per una grande altezza, si può dare a ciascuna delle due fogne longitudinali A (*fig.* 85) una profondità tale che il loro fondo arrivi anche di molto al di sotto di quello dei fossi laterali, porre al di sopra dei tubi da drenaggio e per tutta

l'altezza delle fogne delle sostanze permeabili, e dar scolo all'acqua o per le loro estremità o mediante fogne laterali.

In alcuni rilevati si trovò conveniente di praticare dei fossi trasversali distanti da 3 a 12 metri, secondo il grado di acquidosità del terreno, e profondi da 1 a 2 metri, di collocare al loro fondo due fascine riempite internamente di ghiaia l'una a fianco dell'altra, di posarne una terza al di sopra, e di ricoprire il tutto con terra.

In qualche trincea aperta in terreni sabbiosi acquiferi si riconobbe vantaggioso lo spediente di circuire ciascuno dei due siti in cui dovevano essere scavati i fossi con due file di tavoloni o *assi-pali* verticalmente piantati, di togliere per una certa profondità le terre fra esse esistenti, e di costrurre nelle escavazioni dei muri a secco. Quest'operazione ha generalmente per risultato di dare per una profondità presso a poco eguale a quella dei due scavi eseguiti il prosciugamento del terreno intermedio sul quale deve passare la via: estraendo per la massima parte della sua altezza questo terreno e distendendo al fondo dell'escavazione uno strato di pietre di un certo volume facenti per quanto è possibile corpo le une colle altre, si ottiene uno strato solido sul quale si può fare lo stabilimento del ballast ed il posamento della via ferrata.

Incontrandosi dei terreni paludosi, ma di non grande profondità, si procede allo stabilimento del ballast in seguito al loro prosciugamento da effettuarsi con uno dei procedimenti sovra indicati poi terreni argillosi. Quando però la loro profondità è molto considerevole conviene ricorrere ad un altro espediente qual è quello di stabilire la via sovra un letto di fascine con grande larghezza in guisa da ripartire su un'estesissima superficie il peso della strada e quello dei convogli che sopra saranno per transitarvi.

In alcune circostanze, in cui avvenne di incontrare dei terreni paludosi con piccola profondità, si prese il partito di sopprimere il ballast e di sostenere le rotaie mediante un apposito armamento in legname. Perciò si piantarono dei grossi pali nel terreno solido sopportante il terreno paludoso, si riunirono con longarine le teste di questi pali, e si posarono su queste le traversine destinate a sopportare le rotaie.

111. Manutenzione dei ballast. — I ballast sono soggetti a subire delle depressioni e col tempo consumano, per cui sono necessarie delle opere di manutenzione che consistono in opportune aggiunte di buoni materiali (numero 107). Questi materiali si trasportano su appositi vagoni in una cassa rettangolare colle pareti alte da metri 0,15 a metri 0,20, talvolta fisse e talvolta girevoli in

modo da essere possibile il loro aprimento dall'alto in basso, formata di traverse solidamente fermate all'intelaiatura del veicolo e ricoperte da tavole collocate per lungo. Il carico o lo scarico si fanno ordinariamente col badile; qualche volta però l'ultima operazione viene eseguita facendo passare i materiali caricati nei vagoni per fori praticati nel fondo delle loro casse. Lo scarico dei vagoni si fa presso il sito in cui deve essere eseguita l'opera di manutenzione e, nei casi in cui è necessario di elevare il livello delle rotaie, per piccole tratte si toglie la via dove l'opera deve essere eseguita, ed immediatamente si rimette a posto onde non interrompere il passaggio dei convogli. Il materiale trasportato coi vagoni si pone a sito e si regolarizza col badile, e dove occorre si batte colla mazzaranga.

CAPITOLO IV.

Muri.

ARTICOLO I.

Nozioni generali.

112. Muri e loro distinzione per rapporto alla materiale composizione. — Chiamansi *muri* o *muraglie* quegli ammassi di pietre naturali od artefatte, costrutti con figure e con dimensioni determinate e conservanti stabilmente la loro forma, sia in grazia dell'equilibrio in cui si trovano le diverse pietre per la conveniente loro posizione, sia per forza di malte o di cementi che le avviluppano e le tengono saldamente unite.

I muri, ove si consideri la materiale loro composizione, si distinguono in muri di pietre naturali, detti semplicemente *muri di pietra*; in muri di pietre artefatte, chiamati *muri laterizi*; ed in muri di calcestruzzo, ordinariamente appellati *muri alla rinfusa.*

Vi sono anche i muri di terra forte alcun poco ghiaiosa, e conosciuti col nome di *muri formacei.*

Quei muri che si costruiscono variando sistema di struttura o nella loro altezza, o nella loro grossezza, o nella loro larghezza, si chiamano *muri misti.*

113. Distinzione dei muri per riguardo alla loro destinazione ed alla loro forma. — Per quanto spetta alla destinazione che

ricevono i muri, prendono essi i nomi di *muri di fondazione*, di *muri di cinta*, di *piedritti*, di *vôlti*, di *muri di sostegno*, d'*incamiciate* e di *muricci*, secondo che vengono rispettivamente costrutti per stabilire un basamento ad altri muri o ad una fabbrica qualunque, per circuire uno spazio determinato in modo da essere in condizioni tali da dover sopportare solamente il proprio peso, per reggere negli edifizi il peso delle parti sovrastanti e le spinte delle coperture cui essi servono di sostegno, per coprire più o men vaste estensioni superficiali, per resistere alle spinte di terrapieni o di acque, per proteggere dalle azioni distruggitrici dell'atmosfera le scarpe pericolanti delle terre, e finalmente per suddividere uno spazio che si giudica troppo ampio in altri minori. — I muri di fondazione si fanno generalmente più grossi di quelli a cui devono essi servire di base, e si chiamano *riseghe* le larghezze orizzontali *ab* e *cd* (*fig.* 86), indicanti le sporgenze di un muro di fondazione per rapporto a quello che gli sta sopra.

Per quanto spetta alla forma, le muraglie hanno facce verticali o facce inclinate; le prime si dicono *muri verticali*, le seconde si appellano *muri a scarpa*. I muri verticali sono quelli generalmente adottati nelle fabbriche civili in qualità di piedritti; nelle fabbriche di più piani però questi muri diminuiscono di grossezza a misura che si elevano, le diminuzioni si fanno nel passaggio di un piano all'altro, e vengono sempre marcate da riseghe *ab*, *cd*, *ef*, ecc. (*fig.* 87). I muri a scarpa si adottano in quei casi in cui si ha da far contrasto a spinte laterali e in condizioni da non riuscire d'incomodo la faccia o le facce inclinate che essi presentano. Ordinariamente tornano essi vantaggiosi pel sostegno delle terre, nel qual caso si fanno quasi sempre o verticali (*fig.* 88) o a riseghe (*fig.* 89) dalla parte destinata a rimanere contro le terre, ed a scarpa dall'altra. Talvolta occorre anche di fare dei muri cilindrici (*fig.* 90) con generatrici verticali, e di quelli a guisa di muri a scarpa, ma colle facce inclinate costituite da una superficie curva (*fig.* 91).

I muri a pareti curve di uso più frequente sono quelli già chiamati col nome di vôlti e di cui lungamente si parlerà in apposito capitolo.

114. Stagioni opportune per l'eseguimento di costruzioni murali. — Le stagioni temperate sono quelle riconosciute più convenienti per eseguire opere murali. Le murature fatte nell'inverno, a motivo delle acque di cui si trovano impregnate le pietre e le malte, riescono soventi di poca resistenza, perchè quelle sono soggette a sfaldarsi e queste a perdere di consistenza e di tenacità

qualora vengano assalite dal gelo. Le murature costrutte nell'estate, a motivo dell'eccessivo calore che troppo rapidamente dissecca le malte e che le rende friabili, risultano generalmente disgregate nelle loro parti costituenti; ed è tanto il danno che può derivare da un troppo accelerato asciugamento che, siccome lo provano alcune esperienze di Vicat, le malte possono persino giungere a perdere i 4/5 di quella resistenza rispettiva che sarebbero capaci di acquistare asciugandosi lentamente nelle parti basse e nascoste di qualche edifizio.

Non sempre però, principalmente nell'esecuzione a tempo limitato di grandiose costruzioni, si possono aspettare le stagioni temperate. In tale circostanza accuratamente bisogna procurare di diminuire per quanto è possibile i tristi effetti che possono accadere; bisogna mantenere fresco il muramento di recente costrutto innaffiandolo soventi nel corso delle giornate estive; ed importa coprire ogni sera il lavoro con paglia o strame nelle fredde stagioni, onde impedire l'accesso alle brine ed alle notturne gelate.

115. Avvertenze generali da aversi nella costruzione dei muri. — I muri, eccezion fatta dei vòlti e delle incamiciate, devono essere costrutti per strati regolari della stessa altezza, e perfettamente orizzontali; bisogna evitare la coincidenza delle commessure verticali di un corso con quelle dei corsi contigui; procurare che i materiali risultino bene intrecciati; che ciascuna pietra si trovi a contatto delle adiacenti per quanto la diversità di grandezza e di forma lo permettono, inserendo dei minuti frammenti negli interstizi esistenti fra un pezzo e l'altro; collocare verso le facce del muro le pietre più grosse e meno informi, ed impiegare materiali ben tersi da materie terrose.

La costruzione di muramenti anche estesi deve essere fatta per istrati regolari su tutta l'estensione dell'impianto in modo che il lavoro non proceda in altezza più in un sito che nell'altro, le pietre devono sempre essere posate al giusto sito, accuratamente aggiustate, battute col martello, ed in tutto deve risultare un sistema tale da essere contemporanei ed eguali i cedimenti originati dal costipamento delle malte e dall'assettamento dei materiali, affinchè non si producano viziose disgiunzioni od altri sconci. Le pietre devono essere poste a giacere in corrispondenza della naturale loro stratificazione, o, come dicesi, sul proprio letto di cava, e quando è possibile, sulla più ampia delle loro facce; ed in uno stesso filare si dovranno sempre impiegare pietre aventi approssimativamente la stessa densità specifica.

Allorquando l'estensione del muro sarà talmente grande da risultare impossibile di far uniformemente progredire il lavoro in altezza su tutto l'impianto, si possono far eseguire separatamente diverse parti, terminando queste a scarpa e con una serie di denti alternati ad incavi che prendono in pratica il nome di *morse*.

Con ogni cura bisognerà cercare che risultino colla superficie progettata le pareti dei muri, e che siavi il perfetto a piombo nell'intersezione delle facce prescritte verticali. Nelle aperture e nei vani di qualsiasi natura, che soventi bisogna lasciare nelle masse murali, scrupolosamente si devono conservare le forme e le dimensioni volute, impiegando materiali di forma regolare e conveniente allo scopo. Sopra i vani poi, nell'intento di poter sostenere la muratura ed i carichi superiori, bisogna adottare alcune convenienti disposizioni, di cui sarà argomento parlando dei vòlti.

Tanto le pietre naturali quanto le artefatte da impiegarsi nella formazione delle masse murali, dovranno essere bagnate prima del loro posamento in opera, perchè altrimenti assorbirebbero l'umidità della malta con cui si trovano in contatto, e provocherebbero in questa un troppo rapido disseccamento rendendola friabile e diminuendone notevolmente la sua resistenza.

Occorrendo di dover interrompere anche per breve tempo la costruzione di un muro già incominciato, non bisogna omettere di coprire la sua superficie superiore con uno strato di strame o di paglia per difenderlo dal sole, dal vento, dalle brine e dal gelo, e quando la continuazione dell'opera debba essere lungamente differita, sia provvisoriamente, sia ad altra campagna, detto strato dovrà essere alto circa metri 0,15, e trovarsi sottoposto ad uno strato di terra della medesima altezza. Nel ripigliare il lavoro sarà necessario dopo lo scoprimento di far spicconare, pulire, bagnare e riparare le parti danneggiate prima di procedere all'elevazione di un nuovo strato di muro; e qualsiasi materiale che troverassi smosso o che avrà cessato di aderire alla massa murale verrà tolto e rimesso a posto con nuova malta.

I muri molto elevati, principalmente quando sono composti di materiali minuti e di forma irregolare, non si devono senza interruzione elevare dalla fondazione alla cima nell'intento di non aggravare con un carico eccessivo le parti inferiori prima che le malte siansi assodate ed abbiano acquistata forza sufficiente per resistere alle pressioni che su esse si esercitano. Per questo motivo è prudente consiglio quello di lasciar sospeso il lavoro per qualche giorno onde dar tempo alle malte di far presa ed al mu-

ramento già eseguito di ben assettarsi. Soventi si trovò compromessa la stabilità e la durevolezza di importanti costruzioni per essersi di troppo affrettate le opere murali senza le periodiche pause necessarie al consolidamento delle loro masse inferiori.

Nella costruzione di muri nuovi a fianco od in continuazione di muri vecchi accuratamente bisogna badare di ottenere un'attaccatura tale fra quelli e questi, da trovarsi essi in condizioni identiche a quelle che presenterebbero qualora contemporaneamente venissero costrutti. Perciò è necessario di intagliare la vecchia muratura a morse ossia in guisa che all'attaccatura della nuova presenti una serie di denti e di incavi alternati nel senso dell'altezza e nel senso della grossezza, per cui il muro che si costruisce ed il preesistente si afferrino e vicendevolmente si stringano in modo tale, che l'uno di essi non possa muoversi indipendentemente dall'altro. All'atto del posamento dei materiali da impiegarsi nella costruzione della muratura nuova bisogna bagnare le superficie della muratura vecchia sulle quali e contro le quali si posano; e, battendo a riprese il muro che si va costruendo non che con alcune interruzioni dell'opera, importa procurare che il costipamento delle malte e l'assettamento dei materiali si facciano all'epoca della costruzione, perchè altrimenti ogni cedimento della muratura nuova fatto al termine dell'opera, non essendo secondato da un analogo spostamento nella muratura vecchia, avrebbe per risultato di produrre qua e là delle fenditure e dei distacchi che quasi sempre sono causa d'instabilità e di dissoluzione.

116. Indole dei mezzi necessari all'esecuzione di costruzioni murali. — Per condurre a compimento con facilità e precisione le opere in muratura non basta avere buoni materiali già convenientemente preparati, ma sibbene sono ancora necessari alcuni apparecchi che servano al loro trasporto dal cantiere al luogo dell'impiego, ed al loro posamento in opera con convenienti disposizioni ed in modo da soddisfare alle regole dell'arte di ben costrurre. Questi apparecchi si distinguono in macchine, in utensili ed in ponti di servizio: le prime servono al trasporto orizzontale ed all'innalzamento dei materiali da impiegarsi nella composizione dei muri; i secondi sono quelli che direttamente vengono manovrati dal muratore nel collocare al giusto sito le malte e le pietre; i terzi sono palchi necessari allo stabilimento di macchine e alla continuazione del lavoro di mano in mano che la muratura va elevandosi.

Nel numero che immediatamente segue si parlerà dei principali

utensili che generalmente vengono adoperati in qualsiasi genere di muratura, ed alla fine del presente capitolo in articolo apposito si darà un breve cenno, sia degli apparati meccanici da impiegarsi nel trasporto dei materiali, sia dei ponti di servizio.

117. **Principali utensili da muratore.** — Il *mastello*, la *cazzuola*, il *martello*, i *regoli*, la *squadra*, la *cordicella*, il *piombino*, ed il *livello a perpendicolo*, sono gli utensili di cui ordinariamente si serve il muratore nell'esecuzione delle masse murali.

Il *mastello* consiste in un recipiente in legno in cui si pongono le malte, talvolta con sponde verticali e tal'altra con sponde inclinate, con dimensioni che variano dall'uno all'altro e che mediamente si possono ritenere: per quelli a sponde verticali, metri 0,80 la lunghezza, metri 0,50 la larghezza e metri 0,20 l'altezza; per quelli a sponde inclinate, metri 0,75 la lunghezza superiore e metri 0,50 quella al fondo, metri 0,50 la larghezza superiore e metri 0,35 la inferiore, metri 0,24 l'altezza. — I mastelli per il gesso si fanno ordinariamente con legno di quercia e perfettamente si piallano al loro interno, affinchè la malta da collocarsi in essi non vi aderisca troppo facilmente.

La *cazzuola* consiste in una lastra metallica di forma perfettamente trapezia, oppure di forma derivata dalla trapezia arrotondandone l'estremità, munita nel bel mezzo della lunghezza della sua base maggiore e quasi normalmente ad essa di un pezzo metallico che ripiegandosi quasi parallelamente all'asse della lastra formante la cazzuola, entra in un pezzo di legno che ne forma il manubrio. Le cazzuole hanno mediamente la lunghezza di metri 0,18, la larghezza presso il manico di metri 0,085, e di metri 0,06 la larghezza all'estremità quando non è arrotondata. — Le cazzuole si fanno ordinariamente di ferro, e sono solo quelle che devono essere adoperate per l'uso della malta di gesso che si fabbricano in ottone, perchè il gesso, essendo pel ferro causa di repentina ossidazione, si attacca facilmente alla cazzuola, privandola di quella levigatezza che è essenziale nell'esecuzione di alcuni lavori. — I muratori con ogni cura devono procurare di mantenere a perfetto pulimento le cazzuole, e per conseguire questo non devono mai fregarle con materie che siano capaci di solcarne la superficie.

I *martelli* vengono adoperati dai muratori per rompere ed imperfettamente tagliare le pietre, per assettarle a sito nella formazione delle masse murali, e per la demolizione di costruzioni. Essi hanno le estremità acciaiate, l'una è quadrata e l'altra ta-

lora è tagliente e talora è foggiata a picco, ed un manico di legno passa circa ad egual distanza dalla testa e dall'estremità tagliente, o dal picco, attraversando un occhio che trovasi nella parte metallica del martello. Vi sono dei martelli in cui l'estremità tagliente ha il suo spigolo parallelo all'asse, e se ne fanno degli altri in cui detto spigolo ha direzione normale all'asse. Per le pietre dure la parte tagliente deve essere breve e stretta, per le pietre tenere invece bisogna che sia piuttosto lunga e la più larga possibile. La lunghezza media dei martelli da muratore fra la testa e l'estremità tagliente è presso a poco eguale a quella del manico, e non si scosta molto da metri 0,50.

I *regoli*, di cui si servono i muratori, per verificare se le superficie delle opere che vanno eseguendo ammettono le volute generatrici rettilinee, e per avere una guida nel fare gli spigoli, le scanalature, ecc., sono ordinariamente in legno, per quanto si può di fibre ben diritte. Questi regoli si fanno mediamente della lunghezza di 2 metri, alcuni a sezione quadrata di metri 0,04 di lato ed alcuni a sezione rettangolare colla larghezza presso a poco di metri 0,10 e collo spessore di circa metri 0,03.

Le *squadre*, che impiegano i muratori onde accertarsi se i muri che per la loro opera vanno elevandosi sono ad angolo retto fra di loro, e per riconoscere se i conci di pietra che devono impiegare vennero sottoposti ad un conveniente apparecchio, consistono quasi sempre in due regoli di legno uniti ad angolo retto e consolidati da un terzo che ne chiude il loro angolo. Si fanno anche delle *false squadre*, in cui i due regoli sono uniti a snodo alla loro estremità, cosicchè è possibile il far in modo che essi abbraccino un angolo qualunque. Queste false squadre tornano utili quando si devono eseguire due contigue pareti di muro le quali vengono ad incontrarsi sotto un angolo diverso dall'angolo retto.

La *cordicella*, col diametro da 2 a 5 millimetri, viene adoperata dai muratori per l'impianto dei muri e per mantenere la giusta direzione nella formazione dei diversi loro strati.

Il *piombino* serve per ottenere e per accertarsi della verticalità delle facce delle muraglie e dei loro spigoli. — Da parecchi muratori si fa uso di un piombino il quale consiste: in un tronco di cono di ferro o di ottone, traforato nel senso del suo asse; in un grosso filo perfettamente flessibile che attraversa il foro del tronco di cono che lo sostiene; in una piastra quadrata di ferro e di ottone di lato eguale al diametro della base maggiore del tronco di cono, e scorrevole lungo il filo per l'esistenza di un

foro nel suo centro; e finalmente in un ordigno di legno o di metallo che serve ad avvolgervi il filo nell'intento di avere, secondo le occorrenze, un filo a piombo più o meno lungo. — Il descritto piombino serve per facilmente accertarsi se le pareti dei muri sono verticali, se strapiombano, o se sono a scarpa. Il primo caso ha luogo quando, tenendo orizzontale la piastra, applicandola con un suo lato alla parte superiore della parete e lasciando liberamente pendere una certa lunghezza di filo, il bordo inferiore del tronco di cono si mette a contatto col muro; si verifica il secondo caso se detto bordo inferiore non tocca il muro; e finalmente si presenta il terzo caso allorquando, per condurre la gran base del tronco di cono a toccare in basso la parete del muro, bisogna in alto allontanare la piastra dalla parete stessa.

Il *livello a perpendicolo* può essere costrutto con svariatissime forme; quello però che meglio conviene nell'esecuzione di tutti i lavori da muratore consiste in un sistema composto di due montanti egualmente alti, ed ai quali si uniscono ad angolo retto due regoli passanti l'uno per le estremità superiori e l'altro alla distanza di metri 0,06 a metri 0,07 dalle estremità inferiori dei montanti medesimi. Sì i montanti che i regoli i quali ai medesimi si uniscono hanno generalmente eguale sezione. Un filo a piombo viene a passare per un piccolo foro aperto nel mezzo del regolo superiore, sul regolo inferiore trovasi una lineetta o *indice fiduciale* praticata in tal sito da doversi verificare la sua coincidenza col filo del piombino allorquando i piedi dei due montanti trovansi in un medesimo piano orizzontale, oppure, ciò che torna lo stesso, allorquando la faccia suprema del regolo superiore trovasi tutta in un piano orizzontale. — Il descritto livello a perpendicolo ha un notevole vantaggio su altri livelli a perpendicolo di forma diversa, e questo vantaggio sta in ciò che, tanto per esplorare l'orizzontalità d'una linea e di una superficie piana quanto per ottenere due o più punti posti allo stesso livello, è egualmente comodo operare sia col livello a perpendicolo al di sopra, sia col livello a perpendicolo al di sotto dell'oggetto a cui appartiene la linea e la superficie da esplorarsi o da rendersi orizzontale.

ARTICOLO II.

Muri in pietra.

118. Diverse varietà di muri in pietra. — I muri in pietra, giusta la mole che hanno i massi da impiegarsi nella loro costruzione ed a seconda del grado di lavoratura che questi massi hanno ricevuto, si distinguono: in *muri di pietrame*, allorquando vengono fatti colle pietre informi e grezze, quali ottengonsi da cave o quali risultano dallo spaccamento di sassi; in *muri di massi*, se vengono costrutti con pietre d'ingente mole lasciate colle forme irregolari con cui si estraggono dalle cave e dal seno della terra, e semplicemente corrette col taglio per ridurle in guisa che nella struttura ciascuna possa combaciare da ogni parte con quelle che la circondano; in *muri di pietrame lavorate*, allorquando si adoperano pietre ridotte a forma più o meno regolare col sottoporle ad un lavoro più o meno prolungato e ad un taglio più o meno accurato; in *muri di pietra concia*, se impiegansi pietre tagliate con tutta regolarità ed accuratezza e ridotte, dietro le regole della stereotomia, ad avere forma parallelepipeda o cuneiforme con dimensioni convenienti.

119. Muri di pietrame. — Il pietrame da porsi in opera nei paramenti di questa struttura murale per quanto si può deve presentare forma piatta e regolare, e prima dell'impiego importa di digrossarlo col martello onde poterlo assoggettare all'allineamento della cordicella, e posarlo sul proprio letto colla più bella fronte sul paramento.

La costruzione delle muraglie in pietrame deve essere eseguita per strati orizzontali, incominciando sempre dalla costruzione dei vari corsi del paramento, conguagliando il nucleo interno per portarlo allo stesso livello del paramento medesimo, ed avvertendo di disporre una buona quantità del materiale in modo da far lega nel senso della grossezza del muro e, quando è possibile, in guisa da abbracciare per intiero detta grossezza. Nel caso di due muri i quali vengano ad incontrarsi, è necessario far uso di pietre di collegamento che contemporaneamente si addentrino nell' uno e nell'altro dei due muri. Affinchè poi lo strato che si sta per eseguire risulti ben collegato con l'ultimo già eseguito, bisogna che la superficie superiore di questo non sia asciutta quando si procede al posamento della malta che deve costituire il letto dello strato superiore; e per conseguire il voluto grado di umidità risulta

generalmente indispensabile la pratica di cospergere detta superficie con acqua, e di bagnare le pietre che devonsi porre in opera. Le pietre verranno posate colla mano sullo strato di malta che loro deve servire di letto, e si assicurerà loro un buon assettamento ponendole nel preciso sito che devono occupare, battendole col martello e calzandole verso la coda mediante frantumi conficcati col martello nella malta che trovasi nei vuoti lasciati dalle irregolarità delle pietre.

Quei muri di pietrame che devono rimanere a paramento in pietre viste verranno costrutti con tutta la diligenza possibile e senza alcun calzamento di frantumi dalla parte di questo: quegli altri invece, che dovranno essere a paramento rinzaffato, avranno i frontali il più possibilmente scabri per dar solida presa al rinzaffo.

120. Muri di massi. — I monumenti della più remota antichità della Grecia e del Lazio ci offrono singolari esempli di muratura di massi, detta anche *d'opera incerta*, formata con pietre d'ingente mole e mirabilmente disposte. L'arte di costrurre sifatti muri si riduce a saper convenientemente combinare diverse pietre, solo appianate sulle facce che devono trovarsi in contatto, in modo che le individuali forme di ciascuna di esse corrispondano a quelle dei massi che la circondano senza vani e senza interrompimenti nella struttura e segnatamente sulle fronti. La figura 92 presenta un esempio di muraglia d'opera incerta, nella cui struttura materiale si procede presso a poco come per quelle di pietrame, facendo prima il paramento e calzando di scaglie le pietre che lo compongono solamente verso la coda e procedendo quindi alla formazione del nucleo interno.

Nelle moderne costruzioni la muratura di massi si può dire quasi solamente adottata in fondazioni, in rivestimenti, in opere che devono essere coperte da intonachi, e quindi più non si eseguisce con tutte quelle cure che venivano osservate dagli antichi costruttori.

121. Muri di pietrame lavorato. — Questi muri devono essere eseguiti per corsi orizzontali presentanti ciascuno la medesima altezza e colle commessure ricoperte. Il posamento delle pietre verrà fatto a bagno di malta, battendole col martello, assettandole sulla loro base ed al preciso loro sito, e non calzandole di frantumi verso il paramento, ma solo verso la coda, senza però rimuoverle dal loro posto. Le commettiture verso le fronti non dovranno presentare larghezza maggiore di metri 0,003 a metri 0,006.

Nei muri che hanno una certa larghezza, una volta fatto un filare

di paramento, si passa alla costruzione del nucleo interno, ed allorquando due massi contigui lasciano un largo vuoto fra le loro code si procura di collocare in questo delle lunghe pietre angolari nell'intento di ben collegare il paramento coll'interna massa murale. — Per una muraglia con grossezza maggiore di metri 1,50 torna conveniente di procedere per strati di tre corsi d'altezza nel seguente modo: consolidato verso la coda il pietrame lavorato componente il primo corso con un pareggiamento di muro adossato di metri 0,70 a metri 0,80 almeno di lunghezza, si fa il secondo corso nello stesso modo con una risega interna di circa metri 0,25 a 0,30; e finalmente, stabilito il terzo corso del paramento, si conguaglia allo stesso livello il rimanente nucleo di muro che trovasi in corrispondenza della parte eseguita in tre filari col metodo ora indicato.

Non bisogna mai trascurare l'impiego di lunghe pietre o leghe, attraversanti tutta od in gran parte la grossezza della muraglia, e destinate a tenere ben collegata l'intiera massa murale.

122. Generalità sui muri in pietra da taglio. — I Greci ed i Romani, nella maggior parte delle loro costruzioni, assegnavano la forma parallelepipeda rettangolare ai conci, e nella struttura dei muri seguirono il sistema della disposizione per strati orizzontali senza interposizione di malta fra un concio e l'altro. I giunti delle pietre erano appena visibili, e con tanta cura erano lavorate le loro superficie da essere indotti ad attribuire al fregamento di un concio sull'altro il perfetto loro combacio. I blocchi di pietra erano in generale di grandi dimensioni, ed il loro peso dava una sufficiente garanzia di solidità. Quando si temeva qualche rovesciamento o qualche scorrimento si aveva ricorso ordinariamente a perni e ramponi in ferro od in bronzo, ed anche a code di rondine in legno incastrate nelle pietre per tutto il loro spessore; oppure si cercava di incatenare i conci per via d'incassi e di risalti corrispondenti in essi praticati.

Anche al giorno d'oggi si tagliano generalmente i conci con forma parallelepipeda e si dispongono per strati orizzontali chiamati *corsi* o *filari*: nella struttura dei muri però si fa intervenire la malta per ben religare le pietre fra di loro e per ben ripartire le pressioni su tutte le superficie che le devono sopportare. Per questa interposizione delle malte, non essendo più necessario che le superficie di giunto siano lavorate colla precisione e colla cura che vi ponevano gli antichi, ne risulta una notevole economia nel lavoro, il quale però, oltre di presentare apparenze meno belle per

la troppa larghezza che manifestasi nei giunti, risulta anche meno solido, sia perchè fra i giunti possono avere luogo delle filtrazioni e delle prese di vegetali parassiti che sono cause assai energiche di distruzione, sia perchè non devesi troppo confidare nell'efficacità delle malte per compensare il difetto di taglio nelle superficie di giunto, imperocchè nel disseccarsi diminuiscono di volume, e può avvenire che, per le superficie di contatto troppo grossolanamente lavorate, le pietre vengano a toccarsi e a premersi in alcuni punti soltanto con facile pericolo di rottura. — Il sistema di concatenare i conci con perni e con ramponi metallici vien soventi adoperato nelle moderne costruzioni, e si può dire quasi totalmente abbandonato quello degli incavi e dei risalti corrispondenti fatti nelle pietre da porsi in contatto. Quest'ultimo sistema rende assai difficile l'apparecchio ed il taglio delle pietre, e se avviene talvolta che le parti salienti e rientranti non siano in perfetta corrispondenza, può risultare che in qualche punto le pietre posino in falso e che sia causa d'inutile aumento di spesa e di viziosa costruzione quello stesso temperamento col quale si attendeva a consolidare l'opera.

Ragioni di solidità esigono che in ogni costruzione si dispongano le pietre in modo da impedirne, per quanto è possibile la sconnessione: perciò il piano verticale secondo cui due conci si combacciano non deve mai trovarsi nel prolungamento di quello di due altre pietre giacenti immediatamente sopra e sotto alle prime; e allorquando sono necessari più conci per compiere lo spessore del muro, bisogna disporli in modo che nel senso verticale non possa avvenire separazione alcuna in direzione rettilinea. Con ogni cura bisogna evitare che risultino dei giunti agli angoli, perciò una pietra formante l'angolo di due muri deve far parte di ambedue (*fig.* 93) per ben religarli fra di loro, e, se occorre una risega nel paramento d'un muro in pietra da taglio (*fig.* 94), bisogna evitare, finchè è possibile, che essa corrisponda ad un giunto orizzontale affinchè non si abbia un sito in cui l'acqua possa introdursi e fermarvisi.

123. Disposizioni usate nella struttura dei muri in pietra da taglio. — Una semplicissima e regolarissima disposizione, confacente al solo caso in cui le pietre hanno larghezza uguale alla grossezza del muro, è l'ισόδομος dei Greci (*fig.* 95), in cui i conci, essendo tutti perfettamente eguali, formano dei corsi di eguale altezza, e dove la direzione di qualunque commessura verticale di due pietre di uno stesso corso divide per metà una pietra degli adiacenti corsi superiore ed inferiore.

Impiegando conci tutti eguali fra di loro, lunghi come la grossezza del muro e larghi ed alti della metà di tale grossezza, si ottiene una seconda disposizione che in molti casi venne seguita (*fig.* 96). I conci risultano tutti egualmente alti, e le pietre di uno stesso corso presentano alternativamente una faccia quadrata ed una rettangolare lunga il doppio, ossia una *testa* ed un *fianco*. I conci che mostrano il fianco sono collocati in *grossezza*, quelli che presentano la testa si dicono posti *in chiave*. — I conci si possono anche disporre alternativamente tutti in grossezza in un corso e tutti in chiave nel corso attiguo, superiore ed inferiore (*fig.* 97): si ottiene con ciò la disposizione seguita nelle grandi costruzioni del tabulario antico alle falde del monte Capitolino.

Alcune costruzioni dell'antichità presentano dei corsi di due diverse grandezze, alternativamente posti uno alto e l'altro basso. Questa disposizione che i Greci chiamarono *pseudoisodomo* si può fare: o come vedesi nella figura 98, componendo la grossezza del muro con due conci di cui uno abbia larghezza doppia di quella dell'altro; oppure come appare dalla figura 99, dove i conci più alti hanno una larghezza eguale alla metà della grossezza del muro e la lunghezza doppia della loro larghezza, e dove i conci più piccoli hanno ciascuna dimensione orizzontale eguale ai due terzi della dimensione corrispondente delle pietre più grandi, per modo che la larghezza di una pietra minore è la terza parte della grossezza del muro.

Le disposizioni indicate non sono le sole state impiegate nella struttura dei muri in pietra da taglio; si adottarono persino delle disposizioni in parte e totalmente irregolari, e si trovano esempli, sia di muri costrutti con filari tutti di diversa altezza, sia di muri in cui i conci, addentellati l'uno con l'altro, rendono variabile l'altezza di un medesimo filare.

I conci di forma parallelepipeda rettangolare, generalmente adottati nella struttura dei muri in pietra da taglio, non sono i soli che conviene di impiegare nelle costruzioni murali: nei muri rettilinei a scarpa è necessaria la forma di prisma retto (*fig.* 100) pei conci che terminano alla superficie inclinata, nei muri in curva è indispensabile la forma cuneiforme, e nelle aperture occorrono certe particolari forme che sommamente importa di conoscere.

Nelle aperture di forma rettangolare, i piani di giunto, sempre normali alle facce verticali del muro in cui si trovano, si fanno convergere in una sola retta orizzontale C passante per l'asse XY dell' apertura, e si limitano lateralmente con piani orizzontali e

verticali, come vedesi nella figura 101, badando di bene accordarli coi filari orizzontali.

Nelle aperture di forma arcuata si devono assegnare direzioni normali all'arco dell'apertura nei piani di tutti i giunti, e conviene limitarli con piani orizzontali e verticali, come vedesi nella figura 102. Il sistema di tagliare i conci come nella figura 103 non sembra troppo razionale, e l'esperienza ha dimostrato che generalmente siffatti conci finiscono per rompersi nelle direzioni *ab*, *cd*, *ef*, dando così luogo al sistema della figura 102, che per questo fatto appunto devesi preferire al secondo.

124. Dimensioni dei conci. — Per rapporto alle dimensioni dei conci non si possono formulare regole assolute: la solidità li richiede a grandi dimensioni: le difficoltà del trasporto e del collocamento in opera, le altezze talvolta assai limitate nei banchi delle cave, ed anche un certo rapporto che conviene osservare fra le dimensioni orizzontali e verticali dei conci, affinchè non siano esposti a rompersi in seguito ad ineguaglianza di compressione che è prudenza di prevenire, esigono dimensioni limitate. Il rapporto che deve esistere fra le dimensioni dei conci dipende evidentemente dalle resistenze e dalle pressioni alle quali si trovano soggetti; ordinariamente si fa in modo che la lunghezza non superi quattro volte l'altezza per le pietre di mediocre resistenza e cinque volte per le pietre più resistenti, come i graniti.

Nei cunei per aperture è bene che la dimensione al ciglio supremo dell'apertura, se rettangolare, o all'arco direttore, se arcuata, sia un po' minore dell'altezza dei filari che con essi si rannodano; e nel caso di filari alternativamente alti e bassi è bene che anche i conci delle aperture siano alternativamente uno grosso e l'altro piccolo.

125. Mezzi per rendere facili le manovre dei blocchi in pietra da taglio all'atto del loro posamento in opera. — I conci, che vengono adoperati nell'esecuzione di opere murali in pietra da taglio, hanno generalmente peso talmente grande, e richiedono tali cure per non essere guastati da riuscire impossibile agli operai il poterli maneggiare come si maneggia il pietrame, per cui, supponendo tali conci già portati presso il luogo di loro impiego, sono necessari degli opportuni procedimenti che valgano a rendere facili le manovre di porli a prova, di toglierli e di assettarli nella definitiva loro posizione.

Allorquando un concio si attacca mediante imbracatura alla macchina destinata ad innalzarlo, cingendolo, come appare dalla

figura 104, di una fune detta *braca*, giunto all'altezza del luogo in cui deve essere impiegato, è necessario di posarlo fuori del sito in cui deve venire posto in opera, di sciogliere e di levare la braca, e poscia di spingerlo a forza di paletti di ferro maneggiati in qualità di leva, e di accomodarlo al suo posto.

Questa operazione risulta sempre molto lunga e laboriosa senza condurre, il più delle volte, a collocare la pietra nella giusta positura; il qual intento assai più speditamente e con maggiore precisione si può ottenere quando la pietra viene appesa alla macchina elevatoria non già per mezzo di brache, ma bensì di un ordigno che non ingombri le facce che devono accostarsi a quelle delle pietre già posate, perchè così continuando a tenerla sospesa e girandola convenientemente, con poco si riesce ad assettarla nella vera posizione senza pericolo che nuovamente si guasti. Gli antichi costruttori fecero uso di strumenti apprensori detti *tanaglie*, le cui branche si facevano entrare in fori praticati nella faccia superiore della pietra da sollevarsi, e costrutte in modo che il peso della pietra obbligasse le due branche a stare aperte e ne rendesse impossibile l'estrazione dal foro in cui furono introdotte, finchè la pietra stessa non veniva posata e non cessava di forzare la tanaglia a mantenersi aperta. I moderni costruttori alle tanaglie hanno sostituito altri ordigni, che chiamano *ulivelle*, il cui modo di funzionare è chiaramente espresso in quanto segue.

L'ulivella, la cui invenzione si attribuisce al celebre Brunelleschi, consta di tre pezzi in acciaio o in ferro finissimo, cuneiformi i due laterali *a* e *b* (*fig.* 105) e di forma prismatica quello intermedio *c*, e formanti per la loro unione un solido pure cuneiforme. Detti tre pezzi sono muniti all'estremità superiore di un occhio circolare per modo che, quando è formato il solido coneiforme che risulta dal loro assieme, si ha un unico foro cilindrico in cui può essere infilato un perno di ferro *d* con testa o bottone da un capo e con una piaga all'altro onde poterlo tener fermo mediante una zeppa pure in ferro. Un manico *e*, foggiato a ferro di cavallo, è pure infilato a detto perno, e serve esso ad attaccare l'ulivella ed il concio che esso porta all'apparato che vuolsi impiegare per elevare le pietre. — Per adoperare la descritta ulivella si scava nella pietra un buco cuneiforme con dimensioni uguali a quelle del solido formato dall' ulivella medesima, colla più piccola delle due basi alla superficie del concio e colla più grande affondata nella pietra di una quantità eguale alla lunghezza dell'ulivella. In detto foro si introducono prima i due pezzi laterali *a* e *b*, si spingono l'uno

a diritta e l'altro a sinistra in modo da lasciare fra essi uno spazio in cui si inserisce il pezzo parallelepipedo *c*, si metta a sito il perno *d* ed il manico *e*, ed il concio così disposto è pronto ad essere elevato. Per estrarre l'ulivella quando il concio è giunto a posto, si leva prima il perno *d*, poi si estrae il pezzo di mezzo *c* dal foro in cui si trova, e quindi si levano i due pezzi laterali *a* e *b*.

Un'altra ulivella, che assai più dell'ulivella di Brunelleschi viene impiegata nelle moderne costruzioni in pietra da taglio, consiste in un piccolo strumento in ferro composto di una parte centrale *a* (*fig.* **106**) foggiata a coda di rondine nella sua parte inferiore e portante un anello *b* alla parte superiore per attaccare l'apparato alle macchine elevatorie, e di due parti laterali *c* e *d* di uniforme spessore leggiermente incurvate in modo da adattarsi perfettamente alla parte centrale *a*, alla quale si mantengono unite mediante un anello *e* che loro permetta qualsiasi moto longitudinale finchè l'ulivella non è caricata. — Per adoperare il descritto ordigno si pratica nella faccia superiore dei conci un foro a coda di rondine, colla medesima inclinazione che presentano le due facce laterali dell'ulivella, in questo foro si introduce il pezzo centrale *a*, tenendo i due pezzi laterali *c* e *d* sollevati di tutta la lunghezza della coda di rondine, dopo si fanno discendere detti pezzi laterali, e così restano nel foro tre pezzi, i quali si fanno vicendevole contrasto ed ai quali dal peso stesso del concio che si innalza viene impedito di disunirsi e di sortire dal foro in cui vennero introdotti. Per estrarre l'ulivella allorquando il concio è a posto, si solleva l'anello *e* e con esso i due pezzi *c* e *d*, e quindi si leva il pezzo di mezzo *a*.

L'impiego dell'ulivella, che torna vantaggioso per le pietre dure ed anche per quelle mediamente dure, deve in generale essere proscritto per le pietre tenere, le quali, essendo facili a spezzarsi nei dintorni del foro, potrebbero cadere all'atto dell'innalzamento ed andare così irreparabilmente perdute con grave pericolo delle persone addette al lavoro.

Qualche volta, invece dell'ulivella, si fa uso di un semplice maschio con vite a pane triangolare, che si fa penetrare in un foro praticato nel bel mezzo della faccia superiore del concio da sollevarsi mediante un trapano, il quale ha il diametro dell'anima della vite, affinchè le spire di questa si addentrino completamente nella pietra.

126. Costruzione dei muri in pietra da taglio. — Condizione

essenziale per la stabilità dei muri in pietra da taglio è quella, che ciascun concio venga posto a giacere sopra una base piana ed orizzontale, e per conseguenza, allorquando si deve procedere al posamento di un corso di conci, bisogna innanzi tutto accertarsi col livello a perpendicolo se il filare ultimo eseguito e sul quale va collocato quello da eseguirsi presenta la superficie superiore piana perfettamente orizzontale, e convenientemente ridurla quando ne sia il caso. Quest'operazione di rettificazione sul posto non deve mai essere eseguita prima del rinzeppamento delle commessure, e prima che le malte siano giunte ad un certo grado di lapidificazione. Dopo si procede all'esecuzione del filare da costruirsi mettendo ciascun concio in prova e quindi in opera, il qual lavoro può essere fatto coll'ulivella o colle biette, operando come qui sotto viene indicato.

Trovandosi il concio da porsi in opera al di sopra del sito che deve occupare, ed essendo l'ulivella lo strumento apprensore che lo sostiene, si abbasserà finchè esso appoggi su zeppe di legno o di piombo poste a pochi centimetri dai lembi e di spessezza uguale allo strato di malta sul quale dovrà definitivamente riposare, la qual spessezza vuol essere da metri 0,004 a metri 0,008. Così collocato provvisoriamente il concio, mediante regoli, colla squadra e col livello a perpendicolo, si esplorerà se le sue facce sono spianate a perfezione e se trovansi esse a contatto con quelle dei conci attigui: qualora si riconosca qualche imperfezione, verrà essa immediatamente riparata, e si continueranno le prove e le rettificazioni finchè il concio risulti apparecchiato come conviene. Fatto questo, si rialzerà coll' ulivella il concio, si netterà e si bagnerà la superficie sulla quale esso deve essere posto, si distenderà su essa uno strato di malta fina un po' più alto delle zeppe, si copriranno pure di un leggero strato di malta le facce dei conci vicini che devono trovarsi a contatto del concio da porsi in opera, il quale, tolte le zeppe, si abbasserà fino ad appoggiare intieramente sulla malta. Dopo di ciò, colla riga, colla squadra e col livello a perpendicolo verrà accomodato nella giusta positura, e, staccata l'ulivella, verrà battuto con un mazzuolo di legno finchè la malta superflua rifluisca dalle commessure.

La posatura di un concio in pietra da taglio mediante biette viene fatta nel seguente modo: portato il concio all'altezza ed a fianco del sito in cui deve essere messo in opera, si porrà in prova come si è detto per la posatura coll' ulivella mediante zeppe poste sotto il suo letto. Ritoccate le imperfezioni che si

riconosceranno in quest'operazione, si rialzerà il concio per uno dei suoi lati, facendo uso di pali e di cinque o sei biette in legno, si netterà e si bagnerà la superficie sulla quale si dovrà esso porre in opera, si distenderà lo strato di malta, si toglieranno lo zeppe, quindi dolcemente si farà discendere il concio, ritirando a poco a poco e togliendo a mano a mano le biette, finchè venga esso a toccare la malta sulla quale si lascerà liberamente appoggiare, e finalmente si assetterà a dovere battendolo col mazzuolo sulla superficie superiore. Talvolta avviene che dopo questa operazione il concio non trovasi precisamente a sito, ed allora altro non occorre che di farlo scorrere a colpi di mazza in legno, finchè sia soddisfatta la fallita condizione.

Sia adoperando il metodo di posamento coll'ulivella, sia usando del metodo di posamento colle biette, se avviene che un concio non cada al giusto sito e che non sia possibile di farlo scorrere a colpi di mazza dopo che ha già toccata la malta, bisogna, se pur non vuolsi pregiudicare al buon andamento del lavoro, levarlo dal sito in cui malamente venne posto a giacere, nettarlo e nuovamente ricominciare l'operazione di porlo in opera.

Appena saranno collocati tutti i conci componenti un medesimo filare, oppure quando questi conci si troveranno a posto in numero sufficiente, si darà mano a rinzeppare tutte le commessure verticali con malta diluita in circa 1/5 del suo volume di latte di calce. Per fare quest'operazione si può usare di una stecca dentata di ferro, coll'avvertenza di versare la malta a più riprese per riempire i vuoti che si vanno facendo di mano in mano che essa va ascingando.

Finalmente, una volta compiuta la costruzione di tutto o di una considerevole porzione di muro, si passerà a perfezionare le fronti mediante una rettificazione sul posto diretta a togliere tutte le sporgenze ed irregolarità che esse presentano, e levando dalle commessure esterne, quanto più addentro si può e mediante apposito raschiatoio la malta, per poi procedere ad un buon stuccamento con altra malta fina, applicata a strati e stropicciata più volte con un lisciatoio di ferro finchè abbia acquistata tutta la durezza possibile.

Qualora si giudichi opportuno di collegare tra di loro i diversi conci mediante ramponi metallici, si farà in modo che questi risultino incastrati per tutto il loro spessore nelle facce interiori, che abbiano i loro denti od alie piegate a squadra, che s'internino nella pietra almeno di metri 0,05 e che, a seconda dei casi,

vi siano suggellate mediante piombo o mediante solfo. — Se poi, invece dei ramponi, voglionsi adoperare perni in ferro, si disporranno alcuni di questi orizzontalmente per unire gli uni cogli altri i conci di un medesime filare, ed altri verticalmente per ottenere il collegamento di ciascun concio con quelli del filare superiore e del filare inferiore con cui esso trovasi a contatto. Ciascun perno poi va inserito per metà nell'uno e per metà nell'altro dei due conci che deve mantenere collegati.

ARTICOLO III.

Muri laterizi.

127. **Diverse varietà di muri laterizi.** — Nella costruzione dei muri laterizi, o si impiegano mattoni intieri, o si adoperano frantumi di laterizi ricavati dalle ruine e dalle demolizioni di vecchie muraglie; nel primo caso si hanno quei muri che vengono comunemente appellati *muri di mattoni*, nel secondo caso si ottengono quelli che chiamansi *muri di rottami* o *di tevolozza*.

I muri di mattoni si dicono: *muri d'una testa, di due teste, di tre teste, di quattro teste*, ecc., secondo che la loro grossezza corrisponde alla dimensione media dei mattoni con cui sono formati, alla dimensione massima, ossia a due volte la dimensione media, alla dimensione massima aumentata della dimensione media, ossia a tre volte la dimensione media, a due volte la dimensione massima ossia a quattro volte la dimensione media, ecc. — Per le interne divisioni delle fabbriche civili, onde avere leggerezza congiunta a pochissima area occupata, si costruiscono ben soventi dei muricci col porre nel senso della loro grossezza talora la dimensione minima dei mattoni e talora la dimensione minima di quelle pianelle rettangolari comunemente denominate tavelle, e chiamati *muricci di quarto* nel primo caso, *muricci di tavelle in costa* nel secondo.

128. **Disposizioni da adottarsi nella costruzione dei muri di mattoni.** — La muratura di mattoni deve essere eseguita coi medesimi principii che servirono di guida per la costruzione delle muraglie in pietra da taglio; i mattoni vanno disposti per corsi orizzontali; ciaschedune di essi deve giacere sulla più ampia delle sue facce; e le commettiture verticali in un corso non devono trovarsi in continuazione di quelle del corso inferiore. Nelle figure

107, 108, 109, 110, 111, 112, 112, 114 e 115, mediante le proiezioni orizzontali di due corsi successivi, sono indicate alcune disposizioni, le quali conducono alla costruzione dei muri laterizi senza punto scostarsi dagli enunciati principii generali.

Nella figura 107 si ha la disposizione che conviene per la costruzione dei muri d'una testa; le figure 108, 109 e 110 danno alcune disposizioni che vengono impiegate pei muri di due teste; pei muri di tre teste si possono seguire le disposizioni delle figure 111 e 112; per quelli di quattro teste le combinazioni rappresentate nelle figure 113 e 114; per quelli di cinque teste può convenire la disposizione della figura 115. — Altre analoghe disposizioni si possono concepire pei muri di maggior grossezza, e, oltre quelle in cui si adottano solo mattoni intieri, si può anche aver ricorso ad altre in cui si faccia uso di mattoni interi e di mezzi mattoni, siccome appare dalla figura 116.

129. **Costruzione dei muri di mattoni.** — I mattoni da impiegarsi nell'esecuzione di un muro laterizio, poco prima dell'impiego, si devono di mano in mano immergere nell' acqua, imperocchè senza questa operazione si trova che essi assorbono prontamente l'acqua contenuta nella malta destinata a collegarli con grave detrimento nell'aderenza di questa con quelli. Nell'eseguire i diversi filari si incomincia dal paramento; tutti i mattoni si collocano su un letto di malta talmente alto che per scorrimento e per compressione di quelli la malta empia tutte le commessure e rifluisca; si battono leggermente col manico della cazzuola; si tolgono le bave; e così si procede nell'esecuzione dei diversi filari, coll'avvertenza di distendere sulla superficie superiore della muratura eseguita, e ad ogni quattro o cinque filari, della malta chiarissima destinata a riempiere perfettamente tutti i vani, e chiamata comunemente col nome di *lattata di calce*. Tutte le commettiture dei giunti, e principalmente quella dei paramenti, non devono avere larghezza maggiore di metri 0,004 a metri 0,006.

130. **Costruzione dei muricci di quarto e dei muricci di tavelle in costa.** — I muricci di quarto si fanno disponendo i mattoni colla massima dimensione orizzontale e colla dimensione media verticale nel modo indicato dalla figura 117 mediante le proiezioni orizzontali di due corsi successivi. Questi muricci, attesa la loro sottigliezza, riescono mal fermi allorquando devono avere una certa lunghezza e una certa altezza, e l'esperienza dimostra essere prudente consiglio di fortificarli con un telaio a varii ordini di piane di legno verticali ed orizzontali, saldate nei laterali muri

massicci, nel pavimento e nella volta o nel soffitto dello scompartimento che essi suddividono, e ben connesse le une alle altre per guisa tale che il muramento di mattoni trovisi ripartito in tanti riquadri incassati nei vani del telaio, ciascuno dei quali abbia lunghezza e altezza non eccedente di molto i due metri. Nella descritta struttura avviene sempre che il muramento male aderisce alle piane formanti il telaio per cui, volendosi schivare la brutta vista delle fenditure prodotte da questa imperfettissima aderenza, si può prendere il ripiego di consolidare i muri di quarto un po' lunghi ed un po' alti mediante fili in ferro disposti, come si può apprendere da quanto trovasi immediatamente esposto relativamente alla costruzione dei muricci di tavelle in costa.

Fissato il preciso sito in cui deve essere costrutto un muriccio di tavelle in costa, si piantano nel pavimento e nel soffitto o nel vôlto dei chiodi corrispondenti in modo da poter legare ad essi dei fili di ferro in posizione verticale, e disposti per coppie tali che i due fili di ciascuna coppia abbiano distanza eguale allo spessore delle tavelle che vogliousi adoperare e che le diverse coppie abbiano l' una dall' altra distanza eguale alla metà della lunghezza delle tavelle medesime. Fra i fili di ferro disposti come venne indicato, nel modo espresso dalla figura 118, che rappresenta la proiezione di due filari successivi, si mettono le tavelle per corsi orizzontali e mediante l'interposizione di malta in tutti i giunti; di più, ad ogni tavella che si mette o almeno ad ogni tre o quattro filari, bisogna religare i due fili di una medesima coppia mediante fili di ferro orizzontali.

I muricci di quarto e quelli di tavelle in costa i quali, attesa l'estrema loro sottigliezza, sono assai mal fermi prima di essere intonacati, acquistano maggior fermezza allorquando hanno ricevuto un buon intonaco su ambedue le loro pareti. Trattandosi poi di lasciare delle aperture in tali muri, è imperiosa necessità di impiegare dei robusti telai in legno i quali, nel mentre danno l'apertura della forma voluta, servono a consolidare il muriccio ed a fermarvi le imposte, per le quali non si saprebbero trovare altrimenti due stabili punti d'affissione.

131. **Costruzione dei muri di tevolozza.** — Questi muri si fanno colle norme stesse che vennero indicate per la costruzione dei muri di mattoni, coll'avvertenza di ben scalcinare i vecchi laterizi prima del loro impiego. Con tutta la possibile diligenza si procura di ottenere l'orizzontalità dei filari, di evitare le coincidenze delle commessure verticali di ciascun corso con quelle del corso

sottostante, e di rimediare alle irregolarità dei materiali più grossi riempiendo di minuti frammenti gl'interstizi che essi lasciano.

ARTICOLO IV.

Muri alla rinfusa e muri formacei.

132. Muri alla rinfusa. — Il calcestruzzo, materiale di cui si è parlato al capitolo IX del volume che tratta dei *Materiali da costruzione*, allorquando vien fabbricato con buona malta idraulica acquista nell'invecchiare tal grado d'indissolubilità che non la cede a quella dei più solidi conglomerati lapidei formati dalla natura, e quindi può vantaggiosamente essere impiegato nell'esecuzione di opere murali, principalmente in quei luoghi che da insuperabili ostacoli sono resi inaccessibili agli operai da applicarsi nella costruzione di muri regolari, ed in quei casi in cui occorrono delle ingenti masse aventi dimensioni orizzontali considerevoli a fronte della loro altezza. Il calcestruzzo, siccome composto di minute parti, finchè è di recente fabbricazione per qualsivoglia leggera causa trovasi soggetto a sciogliersi ed a cedere, e per conseguenza, impiegandolo nell'esecuzione di masse murali, è necessario stabilire degli appositi ritegni i quali siano valevoli a sostenerlo, a dargli ed a conservargli quella forma che deve affettare la muratura che vuolsi ottenere.

Nell'esporre i metodi da seguirsi per fabbricare i muri di calcestruzzo o alla rinfusa si considereranno due casi: quando il calcestruzzo deve essere impiegato in luoghi asciutti; quando il calcestruzzo deve essere impiegato sott'acqua.

Appartengono ai muri alla rinfusa anche quelli denominati *a sacco* e che si costruiscono versando malte e pietre nello spazio che deve essere occupato dal masso murale da eseguirsi senza veruna manuale diligenza.

133. Costruzione dei muri di calcestruzzo all'asciutto. — Nel caso in cui abbiasi da costrurre, fuori terra o in sito ben prosciugato, un masso murale in calcestruzzo, si prenderanno le seguenti disposizioni: preparato e solidamente circuito il luogo in cui il muro dev'essere costrutto, mediante carriuole o con carrette a mano o con vagonetti ed in genere con quei mezzi di trasporto che meglio convengono alle circostanze locali, si porta il calcestruzzo presso il luogo dell'impiego ed immediatamente si pone in opera

disponendolo per strati orizzontali dell'altezza di metri 0,20 a 0,25, e battendolo con una mazzaranga piatta. Con tali precauzioni si avvicinano le pietruzze ed i ciottolini che nel versamento del calcestruzzo tendono a separarsi dalla malta, si arriva a far loro prendere le posizioni che meglio convengono, si rende omogenea la massa, e si riempiono bene tutti i vuoti con uniforme riparto della malta medesima.

Allorquando gli strati di calcestruzzo sono talmente estesi da essere impossibile l'esecuzione dell'intiero loro stabilimento senza interruzione di lavoro, nell'intento di ottenere che la parte già costrutta facilmente si unisca alla parte da costruirsi, si terminano detti strati con risalti a facce inclinate (*fig.* 119); e presentandosi il caso di dover continuare uno strato la cui parte già costrutta trovasi completamente disseccata, importa di ben pulire la superficie della faccia inclinata, contro la quale deve farsi il compimento dello strato incominciato, e di applicarvi sopra della malta fresca prima di procedere a porre in opera nuovo calcestruzzo. Il medesimo avvertimento è da aversi allorquando si passa da uno strato di calcestruzzo già disseccato alla costruzione dello strato successivo.

134. **Costruzione di alti muri in calcestruzzo.** — Volendosi costrurre all'asciutto delle estese ed elevate masse murali in calcestruzzo, e dovendosi dar forma ad esse mediante incassatura formata in legname, bisogna far uso di una specie di stampo di facile trasporto e foggiato in modo da permettere la costruzione del muro per parti. In quest'operazione si può procedere come segue: costrutte le fondazioni ed un basamento A (*fig.* 122) dal suolo di circa metri 0,50 d'altezza colla sua faccia superiore ben piana ed orizzontale, si posino di metro in metro su detto basamento quattro traversi *a* di lunghezza proporzionata alla grossezza del muro della squadratura di circa metri 0,12, e sporgenti dall'una e dall'altra banda; su detti traversi, perforati verso le loro estremità da mortise della lunghezza di metri 0,30 a metri 0,35 e della larghezza di metri 0,04, si conficchino i maschi di colonnette di legno *b* lunghe metri 1,46 quando si comprenda il dente; si mettano in taglio, sui traversi e contro le colonnette, due tavole alte circa metri 0,90 e formate di assi, generalmente d'abete, della grossezza di metri 0,04 a metri 0,05, connessi a maschio e femmina ed esternamente rinforzati da sbarre aventi lo stesso spessore delle tavole a cui sono unite da robusti chiodi ribaditi, della larghezza di metri 0,40, e poste coi loro assi in corrispondenza dei mezzi fra i

traversi; per ottenere che la distanza fra le pareti interne delle tavole sia eguale alla grossezza che vuolsi assegnare al muro, si faccia uso di biette o cunei in legno da introdursi nelle mortise dei traversi contro le colonnette; e finalmente, mediante bastoni disposti orizzontalmente fra le coppie di due colonnette nelle loro parti superiori, si fissi anche in alto la giusta larghezza che dee presentare lo stampo. Le tavole dello stampo devono essere tali che il loro labbro inferiore copra di metri 0,06 a metri 0,10 la sommità del detto basamento murale; ed i traversi devono sempre appoggiare su una superficie ben conguagliata ed essere coperti con assicelle, onde poterli facilmente estrarre.

Preparato lo stampo, si dispone in esso il calcestruzzo per strati alti da metri 0,15 a metri 0,20, e ciascuno di essi si batte colla mazzaranga piatta prima di posare lo strato successivo. — Incominciando la costruzione di un muro col metodo or ora indicato, si avrà cura, nel formare il primo getto, di chiudere una delle estremità dello stampo con tavole, e dall'estremità opposta si foggerà il getto a scarpa. Terminato il primo getto, si disfarà lo stampo, si riporrà in opera per modo che le tavole ricoprano tutta la parte di muro terminata a scarpa, e si continuerà a lavorare nella stessa guisa finchè sia compiuto un filare. — Pel filare soprapposto si faranno scorrere le tavole in senso contrario per modo che le scarpe, che terminano il getto in ciascun stampo, siano sempre alternate in direzione contraria, cioè da destra a sinistra se quello inferiore è eseguito da sinistra a destra, e si avrà cura di far corrispondere la posatura dei traversi del secondo corso al mezzo degli intervalli del primo e così di seguito. — Quando tutto il masso murale sarà costrutto, si otturcranno tutti i buchi lasciati dall'estrazione dei traversi.

Riflettendo però al tempo che impiegherà il calcestruzzo per consolidarsi, e considerando alle depressioni a cui immancabilmente andrà soggetto prima del definitivo consolidamento, di leggieri si comprende essere imprudente l'erigere, anche alle ordinarie altezze, un muro di calcestruzzo colla stessa celerità colla quale si può procedere nelle murature di pietre e di mattoni; ed agevolmente si conosce perchè il calcestruzzo non viene impiegato nella formazione di alti muri i quali devono essere condotti a termine in breve lasso di tempo, è perchè quasi esclusivamente viene riservato nella formazione di basse e grosse masse murali, per fondazioni e per riempimenti di considerevole volume.

Tuttavolta che si devono costrurre dei muri in calcestruzzo i

quali presentino un paramento alle intemperie ed allo sguardo dell'osservatore, sommamente importa che sia ben liscia e ben unita la superficie da cui detto paramento è costituito. Per raggiungere lo scopo bisogna impiegare uno stampo colla parete interna ben levigata, e bisogna avere l'avvertenza di porre contro questa parete quelle parti di calcestruzzo che sono più abbondanti di malta e che contengono i ciottolini e le pietruzze più minute. I paramenti di muro in calcestruzzo, non fatti come or ora si è detto, oltre di offendere lo sguardo di chi li osserva, presentano poca solidità, e soventi si spaccano e si disgregano sotto le azioni atmosferiche, delle acque agitate e degli urti.

135. **Costruzione dei muri di calcestruzzo sott'acqua.** — Condizione essenziale per la solidità dei muri di calcestruzzo è quella che detto materiale venga messo in òpera in guisa da formare una massa omogenea in cui i ciottolini tutti e le pietruzze da ogni parte si trovino bene avviluppate colla malta. Questa condizione, facile a raggiungersi finchè si mette in opera il calcestruzzo in luogo asciutto, non si può totalmente soddisfare allorquando deve esso venir posto nell'acqua; indubitatamente avviene uno stemperamento ed un dilavamento per cui gli elementi pesanti del calcestruzzo tendono a separarsi dalla malta da cui sono avvolti, e solo si può ottenere di diminuire questo inconveniente operando con certe precauzioni, ma non di toglierlo totalmente.

Per carichi d'acqua che non superano da 1,50 a 2 metri si può, mediante una specie di canale in tavole disposto con inclinazione da permettere la lenta discesa del calcestruzzo, incominciare dal disporre una certa quantità di detto materiale onde prepararsi un piano inclinato elevantesi di alcun poco sul pelo dell' acqua (*fig.* 120), e, coll'aggiunta di nuovo calcestruzzo versato sulla cresta di tale piano, farlo avanzare nella stessa guisa di un rilevato. Quando avviene che il calcestruzzo incontra qualche ostacolo nella discesa si facilita questa facendo uso del badile.

Tuttavolta che l'altezza dell'acqua nella quale deve essere messo in opera il calcestruzzo supera i 2 metri, lo spediente sopra accennato non è più sufficiente e bisogna aver ricorso all'impiego di tramogge, o meglio di casse prismatiche o semi cilindriche le quali, giunte al sito in cui il calcestruzzo deve essere depositato, facilmente si capovoltino o si aprano al loro fondo per combinazione di congegni facili a manovrarsi dagli operai applicati al lavoro.

L'immersione del calcestruzzo deve essere fatta senza scosse;

impiegandosi le casse bisogna perfettamente riempirle, regolarizzare la superficie superiore del materiale in esse contenuto mediante il badile per renderla liscia e quindi adatta ad opporsi alla penetrazione dell'acqua; e vuotarle ad una altezza non maggiore di metri 0,30 al di sopra del fondo sul quale il calcestruzzo deve essere posato.

Dovendosi mettere in opera uno strato di calcestruzzo di altezza non eccedente 1 metro, si procederà alla formazione di diverse parti o striscie di uniforme larghezza, e arcostate le une alle altre (*fig.* 121) in modo da risultare nel loro assieme lo strato che hassi in mira di ottenere. Ciascuna striscia poi sarà il risultato di diversi mucchi, ciascuno dei quali si ottiene operando più versamenti in un medesimo sito. Di mano in mano che trovansi compiuti i detti mucchi, si procede ad una regolarizzazione della superficie e ad una leggiera loro compressione operando con una specie di mazzaranga piatta a lungo manico; una compressione troppo forte sarebbe dannosa, giacchè il calcestruzzo si rinserra già da sè quanto è necessario, ed una pigiatura non avrebbe altro effetto che di stemperarlo e per conseguenza d'impoverirlo. — Allorquando devesi eseguire una gettata di calcestruzzo in modo che risulti un masso più alto di 1 metro, si procederà per strati successivi non più alti di 1 metro, i quali tutti si faranno come sopra si è detto.

Per quanta cura si metta nell' immersione del calcestruzzo, sempre avviene che esso si dilava un poco e, compiuto un mucchio, una striscia, uno strato, si riconosce superiormente la presenza di un leggier deposito di latte di calce, soventi mescolato a fango nella formazione dello strato inferiore, il qual deposito sommamente importa di togliere se pur non vuolsi una massa murale di consistenza non omogenea. Se l' immersione del calcestruzzo viene fatta in un sito in cui l'acqua è corrente, il detto deposito rimane naturalmente esportato; se poi non esiste rinnovamento d'acqua, oppure se essa si rinnova assai lentamente, è imperiosa necessità di procedere all'operazione d'estrazione. Quest'estrazione può essere fatta con cucchiaie a mano non pertugiate o con pompe, quando con un mezzo qualunque si abbia l'avvertenza di far venire il deposito da estrarsi alla parte bassa dello spazio che si sta riempiendo.

Invece di immergere il calcestruzzo per strati orizzontali, nell'intento di facilitare lo scolo del latte di calce, si può procedere per gradini allungati danti luogo ad una scarpa di circa metri 28 di base per 4 o 5 d'altezza. — Per gettate a grande profondità si è

anche trovato vantaggioso di procedere per parti applicate le une sulle altre, estendentisi successivamente dal fondo fino alla superficie, ed aventi un'inclinazione di 1 a 1 1/2 di base per 1 di altezza. Con questo sistema si è trovato che i depositi di latte di calce sono piccoli, e che tali depositi discendono sempre al piede dalla scarpa, d'onde si tolgono poi facilmente.

136. **Principali apparecchi impiegati per l'immersione del calcestruzzo nell'acqua.** — Le tramogge sono ordinariamente di legno, ed in generale l'interna loro capacità è foggiata a guisa di trono di cuneo. Per manovrare questi apparecchi è necessario di poterli muovere nelle direzioni secondo le quali vuolsi depositare il calcestruzzo, e quindi importa che siano essi muniti di quanto occorre per tenerli fermi e farli scorrere fra due travettoni paralleli alla già indicata direzione. — Una tramoggia, foggiata come or ora si è detto, non conduce abbastanza bene ad impedire il dilavamento del calcestruzzo; se adoprasi in modo che la sua bocca inferiore sia quasi a fiore d'acqua, il calcestruzzo che sorte da detta bocca si dilava nell'attraversare tutta l'altezza della colonna liquida; se invece si fa in guisa che essa peschi in parte nell'acqua, non si toglie il voluto inconveniente, ma si diminuisce di alcun poco, in quanto che il calcestruzzo passa nell'acqua che si è introdotta nella tramoggia con velocità minore a quella che avrebbe qualora liberamente si lasciasse cadere.

Analogo alla tramogge è l'apparato di Sorel, del quale passo a dare un breve cenno. Quest'apparato consiste in un tubo di sezione rettangolare terminato alla sua estremità inferiore a guisa di zufolo, ed alla parte superiore da una tramoggia; alla gola di quest'ultima si trovano: internamente una animella o valvola, sotto la quale è applicata una molla a spira fissa ad una delle pareti del tubo; esternamente due barre con orecchioni per rendere possibile di far sostenere l'apparato da due travettoni paralleli da porsi convenientemente al disopra del sito in cui vuolsi porre il calcestruzzo, e di farlo scorrere facilmente sui medesimi. Versando il calcestruzzo nella detta tramoggia l'animella viene sforzata ad aprirsi e lascia lentamente scorrere le materie lungo il tubo, le quali giungono così allo strato che si sta formando. La sezione del tubo ha le dimensioni di metri 0,40 per 0,70, e la sua altezza è proporzionata alla profondità alla quale bisogna calare il calcestruzzo. Per ottenere poi che il medesimo apparecchio possa servire per le diverse altezze a cui deve essere versato il calcestruzzo prima di giungere al compimento dell'opera, bisogna procurare di disporre

le cose in modo che il sostegno dell'apparecchio possa aver luogo a livelli diversi. L'uso della descritta macchina ha fatto vedere che non si mostra esternamente alcun indizio il quale annunzi lo stemperamento del calcestruzzo. — All'animella si può forse sostituire con vantaggio un regolatore galleggiante formato di una cassa ermeticamente chiusa e colla sua parete superiore inclinata. Il calcestruzzo, pel proprio peso, forzerebbe il regolatore a discendere al fondo del tubo, e si colerebbe da un'apertura laterale, dopo di che il regolatore risalirebbe alla gola della tramoggia.

Le casse prismatiche che impieгansi per il versamento del calcestruzzo sott'acqua hanno la loro capacità a foggia di parallelepipedo rettangolo sovrastante ad un prisma retto triangolare, e, considerate allorquando si trovano in istato d'azione, presentano sei pareti : .due verticali rettangolari con due lati orrizzontali disposti nel senso della lunghezza della cassa e che ne formano i due fianchi ; due verticali pentagonali col lato superiore orizzontale, collocate secondo la larghezza della cassa, costituenti le teste, e composte ciascuna di un rettangolo alto come i fianchi e di un triangolo isoscele sottostante a detto rettangolo ; e finalmente due altre rettangolari inclinate e formanti il fondo della cassa. Le due pareti inclinate sono girevoli intorno agli spigoli che esse hanno di comune coi fianchi, cosicchè, rese indipendenti l'una dall'altra, vengono a disporsi in posizioni verticali nei prolungamenti dei fianchi medesimi. Serve a mantenere unite fra loro le due pareti di fondo una specie di chiavistello ; due uncini o due anelli si trovano disposti presso il lato superiore di ciascuno dei fianchi e corrispondentemente al loro mezzo, onde potervi fermare quattro capi di fune o di catena che si riuniscono ad una fune unica, la quale passa su una troclea fissa per andare ad avvolgersi ad un verricello destinato a rendere facili le manovre di innalzamento e di abbassamento della cassa medesima. — Trvoandosi la cassa fuori d'acqua in posizione tale rispetto al palco di servizio da essere facile il suo caricamento e trovandosi riunite le due parti formanti il fondo, si riempie del calcestruzzo di cui vuolsi produrre l'immersione, girando il verricello su cui trovasi avvolta la fune che sostiene la cassa si abbassa questa fin presso al fondo in cui deve essere depositato il calcestruzzo, mediante una funicella che sta attaccata al chiavistello e che vien fin al palco di servizio si rendono libere le due parti del fondo le quali naturalmente si portano a prendere la posizione verticale lasciando cadere tutto il calcestruzzo. Fatto questo versamento si solleva la cassa per por-

tarla al ponte di servizio, si chiude al fondo e si ricomincia l'operazione dell'immersione.

Le casse semi-cilindriche hanno costruzione analoga a quella delle casse prismatiche, e la differenza di quelle su queste sta unicamente in ciò: che le due pareti di testa, invece di essere costituite da un rettangolo sovrastante ad un triangolo isoscele, sono formate da un rettangolo insistente ad un semicircolo; e che il fondo, invece di risultare composto da due pareti piane, si riduce a due pareti, costituenti colla riunione della loro superficie la superficie convessa di un mezzo cilindro retto. — La manovra di una cassa semi-cilindrica è in tutto analoga a quella già indicata per una cassa prismatica, e ad ognuna delle sue parti costituenti il fondo mobile dev'essere attaccata una funicella che arrivi al ponte di servizio onde sollevarla di quanto è necessario ad ottenere il totale versamento.

Le casse a bilico sono meno usate di quelle a fondo mobile, perchè più di queste favoriscono il dilavamento del calcestruzzo. Il principio sul quale fondasi la loro costruzione consiste nel renderle girevoli intorno ad un asse orizzontale, per rapporto al quale presentino un equilibrio instabile allorquando sono cariche. Un apposito ordigno deve tenere fisse le casse nell'atto del loro caricamento e del loro abbassamento, ed una semplice manovra fatta da un operaio posto sul ponte di servizio deve produrre il capovolgimento ed il versamento a sito di quanto in esse è contenuto.

137. **Muri formacei.** — Questi muri si fanno solamente per costruzioni di poca importanza, in luoghi asciutti, per fabbricati rurali, per quelle parti che devono rimanere fuori terra; e la terra da impiegarsi nel costrurli si prende di qualità forte ed alcun poco ghiaiosa, che passi al vaglio di metri 0,03 di maglia, ben monda da sterpaglie e talmente umida che prenda forma quando si comprime colla mano. Si prepara innanzi tutto un fondamento laterizio o di pietrame terminato con un piano orizzontale, che si elevi di alcuni decimetri al di sopra della superficie del suolo e che sia talmente largo da presentare una o due riseghe allorquando su esso verrà innalzato il muro formaceo. Dopo di ciò si pone a sito uno stampo analogo a quello di cui si è tenuto parola al numero 134 parlando dei muri in calcestruzzo, fra le sue pareti si stratifica la terra grassa per cordoli alti circa metri 0,10, e mediante mazzaranghe piatte si comprime finchè la detta altezza sia ridotta da metri 0,05 a metri 0,06. Procedendo per cordoli successivi si riempie lo stampo, il quale si toglie poi dal suo posto

per impiegarlo nella formazione di una nuova parte di muro; terminato un filare si dà mano alla costruzione del filare superiore, ed in tutto si procede colle avvertenze stesse che vennero date al già citato numero 134.

ARTICOLO V.

Muri di struttura mista.

138. **Diverse varietà dei muri di struttura mista.** — *I muri di struttura mista* sono quelli in cui si presenta una combinazione delle varie strutture semplici che già vennero considerate. — Gli avanzi degli antichi edifizi ci manifestano una grande varietà di muraglie in struttura mista, e sono rimarchevoli: l'ἐμπλεκτον dei Greci, *l'opus incertum*, *l'opus reticulatum* e la muratura con paramento di mattoni dei Romani.

L'ἐμπλεκτον si componeva di un paramento in pietra da taglio all'esterno e di muratura in pietrame o in calcestruzzo all'interno. Talvolta si avevano due paramenti, ed a tenerli ben uniti servivano delle pietre da taglio abbraccianti l'intiera grossezza del muro. Nella figura 123 si ha un saggio di tale struttura.

L'*opus incertum* (*fig.* 124) consisteva in una muratura di rottami di pietre o di calcestruzzo contenuta fra due fodere di pietrame posto in paramento; e per consolidarla si facevano gli angoli in pietra da taglio, o in pietrame lavorato, e talvolta anche in mattoni.

L'*opus reticulatum* (*fig.* 125) era una struttura di minute pietre o di calcestruzzo rivestita con un paramento di pietre tagliate, presentanti all'esterno delle facce quadrate di circa metri 0,08 di lato e poste con una diagonale verticale. Le pietre di paramento, generalmente di diversa lunghezza, andavano restringendosi verso l'interno e presentavano delle punte irregolari nello scopo di ottenere una buona connessione fra la muratura interna ed il suo rivestimento. Gli angoli di questi muri si facevano generalmente in mattoni o in pietre da taglio di piccola altezza, e per meglio rilegare tutte le parti si stabilivano degli strati orizzontali estendentisi a tutta o ad una gran parte della grossezza del muro alla distanza di 1 metro ad 1,40 l'uno dall'altro.

I mattoni, che generalmente venivano impiegati dai Romani pei paramenti delle murature di pietrame, erano prismi retti aventi per base un triangolo equilatero isoscele, e venivano disposti come

chiaramente appare dalle figure 126 e 127. Talvolta si alternavano i corsi di mattoni con filari di pietra da taglio (*fig.* 126), talvolta invece il paramento si costruiva puramente di mattoni (*fig.* 127). Per rilegare i paramenti all'interno nucleo, e per ben assicurare gli angoli si faceva uso di grossi mattoni quadrati.

Tre sono i tipi principali a cui si possono ridurre i muri di struttura mista adottati nelle moderne costruzioni; al primo tipo appartengono tutti quei muri (*fig.* 128) in cui le varie strutture si alternano l'una sull'altra a strati orizzontali; al secondo si riferiscono quelli (*fig.* 129) per cui i cangiamenti di struttura accadono nella grossezza del muro, ossia quando dietro una o fra due spoglie o fodere esteriori di qualsiasi struttura semplice è innalzato un masso murale di struttura diversa, il quale costituisce la parte più massiccia ovvero il nucleo della muraglia; al terzo finalmente spettano tutte quelle opere murali (*fig.* 130) in cui, nello scopo di porre i materiali più resistenti in quelle parti che devono sopportare gli sforzi più intensi ed i materiali di qualità inferiore in quelle in cui sono per verificarsi degli sforzi poco considerevoli, si alternano le diverse strutture per parti elevantisi verticalmente dal piede alla sommità del muro. I muri del primo tipo diconsi *listati*, e *foderati* quelli del secondo tipo

139. **Costruzione dei muri listati.** — Questi muri si fanno ordinariamente con semplice o con doppia cintura di mattoni taglianti orizzontalmente e ad altezza di metri 0,50 un muramento di pietrame: talvolta si costruiscono con triple cinture poste ad altezza di 1 metro l'una sull'altra.

Nella costruzione dei muri listati in mattoni bisognerà attenersi alle regole date per la costruzione dei muri in pietrame e per la costruzione dei muri laterizi. Prima di formare una cintura alle prestabilite altezze, bisognerà ben conguagliare lo strato inferiore di muramento ad uno stesso piano di livello; dopo si distenderà la malta che deve servire di letto al corso dei mattoni; si eseguiranno le dette fascie su tutta la lunghezza e larghezza dell'impianto, in guisa che il muro si presenti orizzontalmente listato da ogni parte alle medesime altezze; e finalmente si spargerà sopra une lattata ben liquida di malta, avendo cura di farla penetrare in tutte le commessure dei mattoni.

In parecchie circostanze si fanno dei muri listati in cui le cinture sono fatte con un corso di pietra da taglio o di pietrame lavorato orizzontalmente interposte fra muramenti di pietrame o di mattoni. Le norme da seguirsi per la buona costruzione di questi

muri si ricavano da quanto già si è detto per la costruzione delle strutture diverse di cui essi si compongono.

140. **Costruzione dei muri foderati.** — Per quei muri con le fodere esteriori di mattoni e coll'interno nucleo in pietrame o in piccole pietre o in calcestruzzo, nell'intento di ottenere che questo saldamente si unisca a quelle, importa che i mattoni non presentino tutto il fianco sulla fronte, ma bensì che siano posti uno in grossezza e l'altro in chiave, od almeno che a due o tre mattoni collocati in grossezza ne succeda costantemente uno posto in chiave. È poi bene di porre delle file trasversali di mattoni che abbraccino tutta la grossezza del muro, e di impiegare la struttura omogenea di mattoni negli angoli. Di mano in mano che le due fodere vanno elevandosi, si costruirà il nucleo interno colle norme convenienti al suo modo di struttura e, impiegandosi del calcestruzzo, si avrà cura di farlo per corsi non più alti di metri 0,20 e battuti colla mazzaranga piatta. — Per la costruzione di quelle fodere in cui i mattoni devono rimanere scoperti o *a cortina*, si sceglieranno i laterizi di miglior qualità e perfettamente eguali, e di più si faranno leggermente rotare gli uni sugli altri per togliere ogni scabrosità dalle superficie di appoggio e di combaccio onde ottenere commessure regolari e per quanto si può ristrette. Per mettere in opera questi mattoni si impiegherà malta grassa e sciolta, e le commessure verranno poi stuccate con malta fina e consistente applicata a strati e quindi più e più volte stropicciata con un lisciatoio di ferro, finchè abbia acquistata tutta la possibile durezza.

Allorquando dietro una o fra due fodere di conci regolarmente tagliati si deve fare un masso murale con piccole pietre o con calcestruzzo, accuratamente bisogna cercare di premunirsi per quanto è possibile contro i danni che possono derivare da ciò che i piccoli materiali della parte interna, venendo a costiparsi, finiscono per staccarsi dal rivestimento in pietra da taglio compromettendo la solidità della muraglia. Le degradazioni di questo genere possono essere numerose, e giova ad opporvisi in parte: il comprimere fortemente la muratura interna a misura che essa va elevandosi; il lasciare con taglio irregolare le code delle pietre conce, e di lunghezza diseguale; lo stabilire di tanto in tanto delle pietre di concatenamento addentrantisi più profondamente delle altre nell'interno nucleo del muro, il quale verrà costrutto e battuto di mano in mano che si innalzano i due paramenti.

Talvolta le muraglie si rivestono soltanto con lastre di pietra,

ed il rivestimento si fa generalmente dopo quello della muratura che deve essere coperta, ed allorquando le malte hanno subito tutto il possibile restringimento. Le lastre si pongono e si mantengono a posto mediante malta che si fa colare fra esse e la muratura al momento di metterla in opera, e soprattutto mediante ramponi in ferro o meglio in bronzo addentrantisi nella muratura. — Alcuni costruttori, dietro i precetti di Serlio, eseguiscono il rivestimento nel medesimo tempo della muratura e fissano le lastre verticali mediante lastre orizzontali più grosse, saldamente fissate nel muro. Questo sistema però non sembra preferibile al primo in quanto lascia la possibilità che il nucleo interno venga a staccarsi dal paramento.

141. Costruzione dei muri in cui l'impiego dei meteriali è regolato dalla diversa resistenza che devono presentare le varie loro parti — Questo sistema di struttura murale mista avente per iscopo il razionale impiego di materiali diversi, affinchè risultino fatte con materiali di buona qualità e convenientemente resistenti quelle parti che devono sopportare i carichi più intensi e con materiali di qualità inferiore le altre parti, si mette generalmente in pratica ponendo di distanza in distanza, sugli angoli e per tutta la grossezza del muro, dei solidi massi verticali in pietra da taglio (*fig.* 150), e facendo con minuti materiali le parti intermedie. Nell'eseguire le parti in pietra da taglio bisogna avere la precauzione di impiegare alternativamente dei conci lunghi e dei conci corti, incominciando dal porne uno lungo nella fondazione; i conci più lunghi poi devono sporgere sui più brevi di circa metri 0,20 per parte. Onde diminuire i gravi inconvenienti che possono derivare dal diverso abbassamento subito dalle due qualità di muratura, e che in quella formata di minuti materiali è sempre notevolmente maggiore di quello che si manifesta nelle parti costituite di pietra concia, può tornare vantaggiosa la pratica di porre sulle parti A dei letti superiori dei conci più larghi uno strato di malta dello spessore di metri 0,03 a metri 0,04 che sia a presa più lenta di quella che presenta la malta da impiegarsi per la restante muratura; e di collocare su questa malta i minuti materiali lasciando un giunto assai ristretto fra questi materiali e le parti B dei letti inferiori delle pietre sporgenti. Così operando si ottiene che, se producesi nella muratura in piccoli materiali un abbassamento maggiore di quello che avviene nella parte in pietra da taglio, l'alto strato di malta posto in A, a motivo della poca durezza acquistata, si comprime e permette il movimento della muratura in

minuti materiali senza che succedano delle rotture dove essa si addentella colla muratura in pietra concia, e solo si ha l'inconveniente dell'ingrandirsi dei giunti in B, il qual inconveuiente tosto si toglie riempiendoli con malta.

Allorquando la muratura in piccoli materiali viene cementata mediante malta di gesso, si ha l'avvertenza di non guernire con detta malta i giunti che separano le due murature di diversa qualità, ma sibbene si lascia che avvengano tutti i possibili abbassamenti, e quindi si passa a riempire i giunti lasciati vuoti con malta di calce o anche con malta chiarissima di gesso. L'indicata precauzione è della massima importanza, e non deve essere trascurata nella costruzione degli angoli di solide masse murali; perchè riempiendo con malta di gesso i giunti che separano la muratura di minuti materiali da quelli in pietra concia, a motivo dell'aumento di volume che il gesso subisce nell'indurire, i diversi conci della muratura in pietra da taglio subiscono delle potenti spinte al vuoto e facilmente possono essere dissestati.

ARTICOLO VI.

Apparecchi di uso più frequente nell'esecuzione di opere murali.

142. Apparecchi impiegati per il trasporto dell' acqua. — L'acqua che deve essere impiegata nei cantieri destinati al servizio di costruzioni murali si ottiene: trasportandola con secchi, allorquando il luogo di sua estrazione è vicino a quello dell'impiego; usando di piccoli tini caricati sopra veicoli trainati da due uomini, quando la distanza del trasporto, senza essere molto grande, è però tale da non tornare conveniente l' impiego dei secchi; adoperando dei grandi tini caricati su veicoli trascinati da cavalli, quando la distanza del trasporto è piuttosto grande e quando è considerevole il consumo dell'acqua. Gli indicati recipienti destinati al trasporto dell'acqua devono essere ben solidi, costituiti di legname duro e convenientemente cerchiati in ferro. La capacità dei secchi è abitualmente non maggiore di 20 litri, e di 130 a 150 litri quella dei piccoli tini caricati su veicoli trainati da due uomini.

Nelle costruzioni di qualche importanza può tornare vantaggioso: lo stabilimento di una piccola condotta, tuttavolta che a poca distanza trovisi acqua in tali circostanze da poter sufficientemente

arrivare al cantiere; l'escavazione di un pozzo e l'adattamento di una pompa, se è imperiosa necessità di ricavare l'acqua da sorgenti sotterranee; una concessione momentanea, allorquando si lavora in località nelle quali esiste una condotta di distribuzione d'acqua.

I recipienti, destinati a portare acqua alle diverse altezze per cui deve passare qualsiasi costruzione murale, sono generalmente secchi che vengono portati da bardotti ascendenti le scale di servizio o elevati coll'impiego di opportuni meccanismi. Dove esiste una condotta capace di dare acqua a tutte le altezze per cui la costruzione deve passare, torna inutile ogni innalzamento dell'acqua, ed è comodo e vantaggioso lo stabilimento di tubi con rubinetti alle loro estremità, e che si vanno prolungando di mano in mano che la costruzione va elevandosi.

143. Apparecchi impiegati per il trasporto della malta. — Il trasporto delle malte viene generalmente eseguito con *carriuole*, con *secchi*, con *vassoi* e con *tramogge*. — Le carriuole si adoperano finchè il trasporto deve essere eseguito per vie con pendenza minore di 1/12; si impiegano generalmente i secchi ed i vassoi allorquando il trasporto deve essere fatto da bardotti ascendenti per scale di servizio; ed utilmente si adoperano le tramogge allorquando le malte si devono far discendere ad un livello inferiore a quello del suolo naturale.

Le carriuole che impiegansi nel trasporto delle malte hanno forma analoga a quella delle carriuole adoperate per il trasporto delle terre, salvo che il porta-carico tutto all'ingiro trovasi circondato da pareti per impedire che le malte vengano a colare. I secchi poi non differiscono, per quanto concerne alla loro forma, dai secchi che adoperansi per il trasporto dell'acqua, e tornano comodi ad essere manovrati da ragazzi e da donne quando hanno capacità che non supera di molto metri cubi 0,010.

Il vassoio è formato di due tavole disposte ad angolo retto e saldamente mantenute in tale posizione. Una di queste tavole è destinata a ricevere la malta, ed è munita al disotto di due braccia sporgenti colle loro estremità per una lunghezza di circa metri 0,50 e tagliate in modo da poter passare una alla dritta e l'altra alla sinistra del collo dell'operaio, che le mette a cavalcione sulle sue spalle. — Per caricare un vassoio è necessario di collocarlo su un apposito cavalletto ad un'altezza tale che l'operaio debba di poco abbassarsi per riceverlo sulle spalle.

Le tramogge non sono altro che specie di condotti formati, o

con due tavole perpendicolarmente inchiodate l'una coll'altra, o con tre tavole di cui una forma il fondo dell'apparecchio e le altre due le pareti. È mediante carriuole che ordinariamente si versano le malte nelle tramogge, le quali servono a condurle in recipienti collocati in vicinanza dei muratori.

144. Apparecchi impiegati per lo spostamento delle pietre e per il loro trasporto a piccole distanze. — Per spostare i blocchi di pietra che hanno volume un po' considerevole si fa generalmente uso della *leva* e del *martinetto;* per trasportarli a piccole distanze si ricorre ordinariamente al metodo di *trasporto in bilancia* ed al *trasporto con rulli.* La barelle e le carriuole (num. 12) possono riuscire vantaggiose per trasportare ciottoli, pietrame minuto, ed in genere pietre di volume non ingente, facili a sollevarsi ed a caricarsi da un sol uomo.

La *leva*, che chiamasi anche col nome di *vette*, è il mezzo meccanico più semplice e quello che più frequentemente viene impiegato nello spostamento di massi di pietra. Quest'apparecchio consiste in una stanga di legno o in un palo di ferro, e la sua manovra viene eseguita dandogli una disposizione obliqua, introducendo un'estremità sotto il blocco da sollevarsi, ponendo un pezzo di legno ben duro o di pietra presso quest'estremità affinchè serva di punto d'appoggio, ed esercitando sull'altra estremità una pressione valevole a produrre il voluto spostamento. — Le leve in legno si fanno ordinariamente di quercia o di frassino: la loro lunghezza si può ritenere come variabile fra metri 1,50 a 3 metri, ed il loro diametro fra metri 0,08 a metri 0,12. — Le leve in ferro si costruiscono con svariatissime dimensioni, e ben soventi nell'intento di poterle facilmente introdurre sotto le pietre di cui vuolsi operare lo spostamento, si fanno ad estremità piatte. Il piegamento di una delle due punte, in modo da formare essa un angolo ottuso coll'asse della leva, si è riconosciuto vantaggioso in quanto, tenendo sollevato l'estremo su cui deve agire l'operaio, somministra una specie di tallone sul quale la leva prende appoggio.

Una macchina che serve a spostare delle pesanti masse, e di cui fanno un uso continuo gli scarpellini per manovrare i blocchi di pietra che lavorano, è il *cric* o *martinetto*. Questa macchina consiste in un robusto travicello o in un robusto tavolone di legno ben duro, della lunghezza di metri 0,70 a 1,30, dello spessore di metri 0,10 a 0,15, tutto cerchiato in ferro, ed avente internamente una scanalatura longitudinale in cui può scorrere, elevandosi o abbassandosi, un robusto sostegno in ferro munito di denti i quali

ingranano con un rocchetto messo in moto da una manovella che trovasi esternamente contro una delle due facce più larghe della macchina ed il cui albero l'attraversa a circa 2/3 di sua altezza. Il sostegno si allarga superiormente e porta due punte che, penetrando leggiermente nei pezzi che si vogliono spostare, ne impediscono lo sdrucciolamento; inferiormente poi si ricurva in senso normale al suo asse e la parte incurvata sporge esternamente verso la faccia opposta a quella contro la quale trovasi la manovella. La base del martinetto è armata di due punte in ferro le quali, ritenute nel suolo o contro un altro corpo qualunque preso come punto d'appoggio, si oppongono allo scorrimento allorquando la macchina viene messa in azione. L'albero della manovella è poi munito di una ruota dentata contro i denti della quale agisce un nottolino convenientemente compresso da una molla. — Un martinetto si dice *semplice* se il rocchetto che fa innalzare il sostegno trovasi inalberato sull'asse medesimo della manovella, e si chiama invece *composto* tuttavolta che il movimento della manovella non si trasmette al sostegno che per l'intermezzo di più rocchetti o di più ruote dentate. — La manovra del martinetto consiste nel posare il suo piede su un appoggio resistente qualunque, nel porre la testa del sostegno sotto il masso da sollevarsi e nel girare la manovella pel verso conveniente. Allorquando gli operai vogliono riposare o verificare il grado di spostamento già ottenuto, si può abbandonare la manovella, giacchè il nottolino serve di potente ritegno contro l'abbassarsi del peso innalzato; e, allorquando si riconosce eccessivo l'innalzamento già prodotto, basta levare il nottolino e con lentezza lasciar girare la manovella in senso contrario onde portare il corpo all'altezza voluta. La parte inferiore del sostegno, che trovasi disposta normalmente al suo asse, si può abbassare fino a metri 0,10 di distranza dal suolo, e serve allo spostamento di quegli oggetti che non offrono punti di presa fuorchè in basso.

Il mezzo di trasporto, che riesce il più sicuro per le pietre lavorate e che esigono le più gelose cure, è quello che chiamasi *in bilancia*, il quale si riduce a far portare sulle spalle da un numero sufficiente di robusti facchini il masso da trasportarsi col semplice soccorso di funi e di stanghe. Questo metodo, che riesce solamente applicabile a brevi distanze e per articoli nè molto voluminosi nè molto pesanti, viene anche adoperato nei trasporti lungo piani inclinati.

Nei cantieri da costruzioni murali si attribuisce il nome di *rulli*

a pezzi di legno con sezione circolare che si collocano sotto i blocchi di pietra con volume piuttosto considerevole nell'intento di facilitarne lo spostamento, il trasporto a piccole distanze, ed anche per farli salire o per farli discendere ad una certa altezza, stabiliendo un piano inclinato di legname sul quale si fanno avanzare spingendoli colle spalle e tirandoli a braccia mediante funi, che, all'occorrenza, possono essere avvolte sopra il fuso di una burbera o di un verricello. Allorquando trattasi di discendere un masso, si modera il movimento coll'uso di un verricello, o semplicemente mediante una fune la quale si avvolge ad un palo di ritegno che e l'operaio lascia scorrere a poco a poco. — Il diametro dei rulli diminuisce ordinariamente dal mezzo alle estremità, e questa diminuzione serve al duplice scopo di ottenere un facile cangiamento di direzione, e di impedire che vengano a guastarsi gli spigoli, giacchè è solo verso il suo mezzo che la pietra appoggia sui rulli; ed è per meglio ovviare a questo inconveniente che ben soventi si collocano le pietre sui rulli coll'intermedio di un tavolone che avanza unitamente alle pietre. — Le dimensioni dei rulli variano colla grossezza dei massi da trasportarsi, ed è solo nelle circostanze ordinarie che si può ritenere essere di metri 0,06 a 0,08 il loro diametro e di metri 0,60 a 0,80 la loro lunghezza. — In generale, nel trasporto delle pietre con rulli, importa che questi si facciano passare su tavoloni convenientemente situati; e questa precauzione, che è utile allorquando il trasporto vien fatto sul suolo naturale per non andare incontro ai gravi ostacoli che si possono presentare a motivo dell'ineguaglianza e della compressibilità del terreno, torna indispensabile per far avanzare delle pietre sopra un muro in costruzione, se pure non si vogliono nocivi spostamenti nei materiali di recente posti in opera.

145. Apparecchi impiegati pel trasporto delle pietre a distanza un po' considerevole — Pel trasporto di minute pietre e di pietrame informe a distanze non molto grandi tornano vantaggiose le carrette a mano di costruzione analoga a quella delle carrette che impiegansi per il trasporto delle terre (num. 12). Pei trasporti di pesanti blocchi in pietra da taglio si può far uso del *carriuolo* ossia di un robusto veicolo a due ruote, molto basso e di uso frequente nei cantieri in cui devonsi manovrare dei conci in pietre da taglio. Il carriuolo consta di un robusto pezzo di legno, talmente lungo da servire anche da timone, al quale due altri pezzi fra loro eguali trovansi saldamente uniti mediante barre da cui tutti tre gli indicati pezzi sono attraversati, di un solido ta-

volato o porta-carico posto ad un livello superiore di quello corrispondente ai punti più alti delle ruote e di una sala colle sue ruote. Due cosciali, situati sotto i pezzi che sono a fianco di quello che prolungandosi costituisce il timone, fanno gravitare tutto il sistema sulla sala, e mediante appositi armamenti in ferro si procura di ottenere che. anche per la flessione prodotta dai più grandi carichi, il pezzo centrale non appoggi mai sulla sala per non caricarla verso il suo mezzo. — Il carriuolo si adopera come immediatamente si va ad indicare. Per caricarlo s'innalza il timone in modo che la parte posteriore dell'apparecchio tocchi in terra al piede della pietra che vuolsi trasportare e che sarà già stata disposta in guisa da riuscire verticale e verso il veicolo quella faccia che deve appoggiare sul porta-carico; si fermano le ruote e si riversa la pietra fino ad appoggiarla contro detto porta-carico, coll' avvertenza di porre degli stracci, delle paglie o delle stuoie sulle facce d'appoggio onde impedire i guasti a cui possono andare soggetti gli spigoli: tenendo ferma la pietra contro il porta-carico, si abbassa il timone e si batte per terra finchè la pietra sia venuta ad occupare sul carriuolo una conveniente posizione. Operato il caricamento della pietra, si conduce al luogo di scarico applicando al lavoro sei e talvolta anche otto uomini. Il lavoro di scaricare il carriuolo si eseguisce come segue: nel luogo in cui deve verificarsi lo scarico si mettono degli stracci, della paglia non che una piccola pietra che, per rendere facili le manovre del blocco scaricato, si disporrà in modo che quella venga a trovarsi verso il mezzo della faccia con cui questo verrà posato sul terreno; fermate le ruote, si solleva il timone finchè la parte posteriore del veicolo appoggi a terra e si fa discendere la pietra; dopo si tolgono i ritegni alle ruote, e con leve si fanno avanzare, finchè il blocco che si scarica cada sulla paglia e sulla piccola pietra di cui si è sopra parlato.

Esiste ancora un carriuolo di piccole dimensioni il quale può essere tirato da due o da quattro uomini. Questo carriuolo viene impiegato per il trasporto di piccoli blocchi di pietra da taglio, ed è quello cui i costruttori francesi attribuiscono il nome di *diable*.

Il trasporto dei minuti materiali e del pietrame a ragguardevoli distanze viene ordinariamente fatto su carrette a cavalli con porta-carico a cassa (num. 12), e per quello dei blocchi in pietra da taglio di mole ingente si fa ordinariamente uso di un basso carro a quattro ruote, denominato *binard* dai costruttori francesi, e che viene tirato da un solo, da due, da tre e talvolta persino da cinque cavalli. Ordinariamente si caricano le pietre su questi

carri a quattro ruote collocando due robusti tavoloni verso la parte posteriore in modo da formare un piano inclinato pel quale assai facilmente si fanno passare i blocchi di pietra dal suolo sul porta-carico del carro. — Un piano inclinato, analogo a quello che servì per il carico può essere messo in opera quando vuolsi fare lo scarico; la qual operazione deve essere accuratamente condotta nel lasciar discendere a poco a poco la pietra che si scarica lungo il piano inclinato, se pur non vuolsi andare incontro a disgustosi accidenti che possono compromettere la vita degli operai ed apportare gravi guasti alla pietra.

Si opera facilmente lo scarico con quei carri i quali hanno il porta-carico munito di un sistema di rulli portanti un secondo porta-carico mobile ritenuto da una catena che si avvolge ad un cilindro collocato al davanti del carro nel senso della sua larghezza. Le pietre vengono caricate sul secondo porta-carico mobile, e quando si arriva al luogo di scarico altro non si ha da fare che inclinare il carro e svolgere la catena dal cilindro finchè detto porta-carico mobile appoggi sul terreno, nella qual posizione risulta facilissimo lo scaricarlo.

Si è anche immaginato un carro a due grandi ruote, in cui il porta-carico, che trovasi sospeso sotto l'asse delle ruote durante il trasporto, si discende sul sottostante suolo quando devesi operare il caricamento e lo scaricamento delle pietre.

Nelle moderne costruzioni, e principalmente allorquando le pietre devono essere prese a qualche distanza dal luogo di loro impiego, si stabiliscono delle vie ferrate sulle quali si opera il trasporto mediante vagoni che vengono spinti da uomini o trainati da cavalli, e che hanno dimensioni proporzionate a quelle dei massi da trasportarsi. I vagoni si fanno col porta-carico a cassa ogni qualvolta devono servire al trasporto di minuti materiali ed hanno invece il solo tavolato allorquando devono essere adoperati per il trasporto di grossi blocchi in pietra da taglio. Per il carico e per lo scarico dei vagoni si procede analogamente a quanto si è detto relativamente alle stesse operazioni eseguite coi carri per vie ordinarie, di cui sopra si è parlato.

I vagoni si adoperano principalmente per innalzare i materiali col sistema dei piani automotori, ed un modo conveniente di stabilirli è il seguente. Si ponga una grande puleggia alla sommità del piano da superarsi, avvolgasi ad essa e per una mezza circonferenza una robusta fune, talora di canape e ben soventi metallica, lunga in modo che una sua estremità sia al piede del

piano inclinato quando l'altra è alla cima, o si leghi a ciascuno dei due capi di detta fune un vagone costrutto a guisa di recipiente o di *tender* e capace di contenere una certa quantità d'acqua. Risulta dall'indicata disposizione che quando un vagone è in riposo alla sommità del piano, l'altro trovasi in basso; cosicchè, se su quest' ultimo si caricano le materie da innalzarsi e nell' altro si pongono prima quegli oggetti che devonsi trasportare in basso e quindi si introduce quella certa quantità d'acqua che è sufficiente a rompere l'equilibrio, avverrà che i vagoni si muoveranno, che il loro movimento si accelererà; e per non lasciare che l'accelerazione diventi eccessiva e dannosa sarà necessario porre in azione un freno che agisca sulla puleggia. Giunti i vagoni alla loro meta, cioè quello carico alla sommità del piano inclinato e quello contenente l'acqua al basso, si scarica il primo, si vuota l'altro, e dopo si ripiglia l'operazione. Si lascia il lavoro di caricare l'acqua nel vagone che deve discendere tutta volta che si hanno dei materiali che si devono far venire dalla cima al fondo del piano inclinato e che hanno peso sufficiente ad indurre il moto ascendente nel vagone inferiore ed il moto discendente nel vagone superiore.

146. Apparecchi semplici per l'innalzamento dei materiali da impiegarsi in costruzioni murali. — Questi apparecchi si possono ridurre: alla *troclea fissa,* alla *troclea mobile,* al *paranco,* al *verricello,* e all'*argano.*

La *troclea* si compone: di una ruotella di legno o di metallo; di un piccolo albero, ordinariamente in ferro, passante pel centro della ruotella; di una cassa che quasi sempre suol essere in ferro, e che dividesi in due dischi i quali, tenendo in mezzo la ruotella, ne sostengono l'albero intorno cui può girare; di una maniglia o di un gancio di ferro, per cui la macchina può essere fissata in un punto di un oggetto fisso, o per cui può essere atta a sopportare un peso. — Ben soventi la ruotella, invece di portare il piccolo albero fissato al centro, è attraversata da un foro ad occhio circolare, che le permette di girare attorno ad un'asticciuola cilindrica in ferro fissata alla cassa; quando si adotta questa disposizione grandemente importa che nel bel mezzo della ruotella, quando è di legno, trovisi inserito un dado metallico di ottone, o di bronzo, o di acciaio nell'intento di rendere meno rapido il logoramento indubitatamente prodotto dal continuo attrito che, coll'uso della macchina, si sviluppa fra la superficie convessa del foro e quella dell'asticciuola. — Le ruotelle delle troclee di cui si fa uso nei cantieri di costruzione sono incavate alla loro superficie convessa, affinchè la fune

che su esse si ripiega non possa abbandonare detta superficie. — Le ruotelle delle grandi troclee metalliche, affinchè non riescano soverchiamente pesanti, si possono fare a razze o solamente incavate per una zona intermedia che incominci a qualche distanza dall'albero e che termini pure a qualche distanza dalla periferia.

Una troclea dicesi *fissa* allorquando il suo gancio viene fermato ad un punto fisso, in modo da essere possibile il solo movimento della ruotella intorno al proprio asse. — La troclea fissa si impiega nel sollevamento di pesi, attaccando il peso da innalzarsi ad un estremo della fune che ripiegasi sulla ruotella ed applicando la potenza all'altro estremo. La troclea fissa non può essere adoperata per sollevare grandi pesi, giacchè non presenta economia di potenza, e più soventi se ne trae partito nelle macchine architettoniche come mezzo di rinvio per ottenere un moto in una data direzione, facendo agire la potenza in una direzione diversa.

La *troclea mobile*, al contrario di quanto succede per la troclea fissa, agisce cambiando continuamente di posizione: il gancio che è rivolto all'ingiù sostiene il peso che vuolsi sollevare, e la fune, avvolgendosi alla parte inferiore della superficie incavata sul contorno della ruotella, sta fissa con uno dei capi ad un punto immobile che rappresenta il punto d'appoggio della macchina, mentre all'altro capo agisce immediatamente o mediatamente la potenza. Soventi la parte di fune in cui agisce la potenza va a passare sopra di una troclea fissa, mercè la quale, tirando dall'alto in basso si viene a sollevare la troclea mobile ed il peso attaccato al suo gancio.

Raccogliendo più ruotelle in una medesima cassa si forma ciò che chiamasi *taglia*, e, combinando assieme due taglie mediante funi convenientemente avvolte sulle loro ruotelle, si ottiene quella macchina che chiamasi *paranco*. Delle due taglie componenti il paranco in istato di azione, una è fissa a qualche punto verso cui devono arrivare i pesi da sollevarsi, l'altra è mobile ed è munita degli opportuni ingegni per potervi attaccare i detti pesi. La fune ordinatamente avvolta a tutte le ruotelle si attiene con uno dei suoi capi alla taglia fissa se il numero delle ruotelle è lo stesso in entrambe le taglie, ovvero alla taglia mobile se questa ha una rotella di meno della fissa: sull'altro estremo della fune, che chiamasi col nome di *retta*, agisce la forza motrice. — Per porsi in grado di poter arrestare a qualsiasi altezza i pesi che si vanno sollevando con un paranco e di cangiare le funi qualora si manifestino delle degradazioni, conviene avere degli uncini convenientemente disposti sulle

pareti esterne delle casse delle taglie. Queste casse si fanno in ferro o in legno, ed in quest'ultimo caso è bene di consolidarle con robuste e ben collocate fasciature in ferro. — Le ruotelle componenti le taglie possono essere inalberate sul medesimo asse oppure sopra assi diversi fra loro paralleli, ed in quest'ultimo caso possono avere disposizioni tali da dover rimanere detti assi o in uno stesso piano orizzontale o in uno stesso piano verticale, allorquando la macchina è in azione per sollevare pesi. Allorquando le ruotelle di una medesima taglia hanno asse comune, si fanno ordinariamente dello stesso diametro; e lo stesso è da dirsi quando senza avere un asse comune sono però destinate ad essere impiegate coi loro assi in un medesimo piano orizzontale; mentre importa che decrescano di diametro tuttavolta che i diversi assi devono rimanere in uno stesso piano verticale, se pur non vuolsi che i diversi tratti di fune non si pongano vicendevole imbarazzo e non aumentino le resistenze passive pel continuato fregamento a cui si troverebbero esposti.

Al numero 12, parlando degli apparecchi che ordinariamente vengono impiegati per l'innalzamento delle terre, già venne detto in che cosa consiste il *verricello;* questo nome però generalmente si attribuisce, non solo a quei fusi che portano infissa un'unica manovella in una delle basi, ma sibbene a tutti quelli orizzontalmente disposti su cui deve avvolgersi una fune per produrre l'innalzamento di pesi, mediante l'effetto di una conveniente forza motrice opportunamente applicata. Nei *verricelli* che impiegansi per l'innalzamento di pietre la forza motrice si applica a una o due manovelle; talvolta la trasmissione del moto ha luogo mediante ingranaggi, e talora coll'intermedio di semplici aspi.

Si chiama *verricello differenziale* quello in cui il cilindro o fuso è scompartito in due tratti, dei quali l'uno ha raggio maggiore dell'altro; ed una fune si ravvolge in senso contrario sull'uno e sull'altro dei due tratti del fuso e pende inflessa dai medesimi, tenendo sospesa una troclea mobile, al cui gancio si affidano i pesi da sollevarsi. — Cercando la condizione d'equilibrio tra la potenza e la resistenza, si trova, trascurando la rigidezza della fune e gli attriti, che la potenza deve stare al peso da sollevarsi come la differenza fra i due raggi disuguali del fuso sta al raggio della circonferenza descritta dalla potenza, ossia alla distanza della direzione della potenza dall'asse di rotazione. Ora, potendosi impicciolire quanto si vuole la differenza dei due raggi del fuso, ne segue che il verricello differenziale potrà sempre farsi in modo da potersi elevare un peso grandissimo con una tenuissima potenza; e di più si ha

il grande vantaggio che la sola resistenza dell'attrito basta ad impedire la discesa di un peso anche più che mediocre, sebbene la potenza cessi di agire. A fronte degli accennati vantaggi stanno alcuni inconvenienti per cui la macchina non sempre può essere impiegata nel sollevamento di pesi, e questi inconvenienti si riducono principalmente: all'eccessiva lunghezza che bisogna dare alla fune per poca che sia l'altezza a cui vogliousi portare i pesi; ed all'obliquità che prendono i due tratti di fune che stanno fra il peso ed il fuso. Il verricello differenziale nello stato in cui si è descritto può solo utilmente servire ad elevare pesi per un'altezza che non superi i 2 metri; e si possono superare altezze maggiori, ma non guari al al di là di 4 metri, usando di due fusi staccati, con diametro diverso, coi loro assi paralleli, e resi dipendenti l'uno dell'altro per guisa che non possa rotare l'uno senza indurre il movimento rotatorio anche nell'altro, ed in modo che la fune che porta il peso vada svolgendosi dal cilindro di minor diametro per avvolgersi su quello di diametro maggiore.

L'*argano* consiste in un fuso tenuto in positura verticale entro un castello che diccsi *gabbia* dell'argano. Il fuso si innalza alquanto al di sopra della gabbia e la parte sporgente, detta *testa* dell'argano, prismatica o piramidale, è attraversata da due o più lunghi aspi, ai quali vanno applicati gli uomini o gli animali che devono mettere in movimento la macchina. Negli argani che vengono adoperati in costruzioni murali il fuso gira sopra un pernio infitto nella base inferiore di esso e contenuto in una ralla, ed è tenuto in sesto contro un incavo semicircolare del coperchio della gabbia da un mezzo cerchio di ferro. — L'argano serve per tirare orizzontalmente dei pesi, e per elevarli quando si faccia uso di troclee di rinvio opportunamente disposte. Il peso da tirarsi o da elevarsi si attacca all'estremo di una robusta fune, la quale, fatta passare sulle opportune troclee di rinvio, si distende e si avvolge al fuso per diversi giri; si ferma ad uno o a due robusti pali saldamente piantati nel terreno la parte posteriore della gabbia; e agli aspi si applica la forza motrice necessaria per far girare il fuso, il quale, traendo con nuovi giri intorno a se stesso la fune, avvicina il peso alla macchina e ne produce l'innalzamento. Il capo libero della fune avvolta al fuso si consegna nelle mani di un manovale che, mentre la macchina funziona, sta assiso in terra presso la macchina medesima per tenere la fune stretta al fuso e per adugliare la fune di mano in mano che va svolgendosi. Negli argani, il fuso con forma conica è preferibile a quello con

forma cilindrica, perchè sul fuso della prima indicata forma avviene che il giro di fune il quale si avvolge, essendo più stirato degli altri, fa forza su di essi e li respinge per istabilirsi nel posto occupato dall'ultimo giro formato, cosicchè i giri che di mano in mano si vanno facendo sul fuso si trovano sempre presso a poco alla stessa altezza.

147. Altri apparecchi per l'innalzamento dei materiali da impiegarsi in costruzioni murali. — Dalla combinazione di alcune delle macchine semplici, di cui brevemente si è tenuto discorso nel precedente numero, risultano parecchi apparati meccanici che si impiegano nelle grandi costruzioni per l'innalzamento di ingenti quantità di materiali, e che tornano vantaggiosi per il collocamento in opera di voluminosi massi in pietra da taglio. Molteplici sono questi apparati meccanici ed i principali, che in questo numero verranno sommariamente descritti e considerati, si riducono all'*antenna*, alla *capra*, all'*ingegno*, alla *gruetta* ed alla *gru*.

L'*antenna* consiste in una lunga trave piantata in terra a tale profondità che il suo piede non possa scorrere orizzontalmente da verun lato, eretta in modo che declini un poco dalla verticale, pendendo verso la parte da cui il peso deve essere innalzato, e così mantenuta da quattro funi dette *venti*, che ne stringono la sommità e che sono tirati obliquamente ed allacciati a quattro passoni piantati a qualche distanza intorno al piede dell'antenna, ove trovasi saldamente fermata all'antenna medesima una troclea di rinvio, sulla quale viene a passare la vetta di un paranco per poi andare ad avvolgersi al fuso di un argano generalmente situato con opportuna disposizione dalla parte verso la quale è inclinata l'antenna. — Attaccando il peso da elevarsi alla taglia mobile del paranco ed applicando all'argano una proporzionata forza motrice si viene necessariamente ad ottenere il voluto innalzamento.

Invece delle antenne da collocarsi in positura obliqua per ottenere che il peso non incontri ostacoli nel suo moto ascensionale, in parecchie circostanze sonosi impiegate delle antenne verticalmente erette, e munite alla sommità di un pezzo di trave orizzontale denominato *falcone* ben assicurato con istaffa di ferro e sostenuto da un robusto saettone verso la parte dalla quale porta il paranco. La troclea di rinvio e l'argano trovansi con disposizioni analoghe a quelle che hanno nelle antenne inclinate.

La *capra* si compone di due robusti pezzi di legno eguali formanti fra loro un angolo acuto, saldamente uniti al vertice dell'angolo da una cavicchia e da una cerchiatura in ferro, e formanti

un sistema quasi inflessibile per la presenza di parecchie traverse in legno che a tenone e mortisa trovansi con essi unite. Gli indicati due pezzi di legno, denominati *bracci della capra*, portano i cuscinetti di un verricello collocato col suo asse parallelamente alla linea che unisce i due piedi dell'apparecchio con distanza di circa metri 1,60 da questa linea. Generalmente il verricello alle estremità è di forma prismatica con fori destinati a ricevere gli estremi delle leve colle quali vien fatto girare. Quasi alla sommità della capra si trova una ruotella girevole su un perno che attraversa i due bracci da una parte all'altra; ed i due piedi sono gueruiti di punte in ferro, mercè le quali sono essi mantenuti ben fermi allorquando la macchina è in istato d'azione. Per impedire che i pesi che vannosi sollevando abbiano a cadere allorquando per una causa qualunque cessa la forza motrice applicata alle leve, ed anche per poter fermare il peso a qualsiasi altezza si munisce l'albero del verricello d'una ruota d'arresto. — Si usa adoperare la capra di cui si è data la descrizione, collocandola in una posizione inclinata dalla parte verso la quale deve essere sollevato il peso, in modo che la proiezione orizzontale della linea che unisce il vertice della macchina col punto di mezzo della linea dei due piedi non sia maggiore di 1/5 dell'altezza del suo vertice sull'orizzonte, e così mantenendola mediante tre funi fermate all'estremità della macchina, distese e legate a tre passoni o a tre oggetti ben fissi. Due di queste funi saranno poste in modo da impedire che la capra possa cedere pel dinnanzi e la terza sarà collocata in senso contrario alle due prime.

Tuttavolta che non si devono operare dei sollevamenti a grandi altezze, e che riesce difficile l'avere punti ben fissi per fermarvi i venti, si può far uso della *capra a tre piedi*, la quale consiste in tre forti pezzi di legno solidamente uniti alle loro estremità superiori da una robusta cavicchia di ferro ed inclinati in modo da trovarsi presso a poco colle loro estremità inferiori nei tre vertici di un triangolo equilatero. Il verricello trovasi ordinariamente posto sopra i due piedi che alla sommità della macchina stringono in mezzo il terzo, e la ruotella si riduce ad una troclea fissa saldamente legata a detta sommità.

Invece della troclea fissa posta alla sommità delle capre, quando lo esige la grandezza degli sforzi da prodursi si impiega un paranco; e ben soventi si incontrano delle capre in cui il verricello è comandato da un ingranaggio, e nelle quali la forza motrice viene applicata ad una manovolla. Queste disposizioni tornano van-

taggiose in quanto che rendono facili le manovre e permettono l'innalzamento di grandi pesi.

Le capre di cui si è dato un breve cenno non sono le sole che veggonsi nella pratica impiegate: se ne costruiscono di quelle in cui al verricello viene sostituito un argano che riceve la fune, avvolgentesi alla troclea fissa o alla vetta del paranco, mediante una troclea di rinvio stabilita al loro piede; e se ne fanno di quelle in cui invece del verricello comune si adotta un verricello differenziale. In queste ultime capre la fune sostiene i pesi da sollevarsi coll'intermezzo di una troclea mobile e, passando sulle due ruotelle di una taglia affissa al loro vertice, viene ad avvolgersi in senso opposto ai due tronchi diseguali del fuso del verricello.

L'*ingegno* consta di un robusto albero o colonna, quasi sempre in legno, verticalmente fissata sopra un piede ben solido da stabilirsi su un piano orizzontale, spalleggiata da tre puntelli che vanno a trovar ritegno nel detto piede, uno dalla parte posteriore della colonna e gli due lateralmente, e coronata in sommità da una traversa o *falcone* orizzontale. Detto falcone è munito verso i suoi estremi di due girelle sulle quali posa una fune, che per un capo si attacca ai corpi da sollevarsi e che coll'altro avvolgesi al fuso di un verricello disposto col suo asse nel piano verticale dividente per mezzo la colonna ed il falcone medesimo. — Girando il verricello pel senso conveniente si avvolge la fune sul suo fuso, e per conseguenza si ottiene il voluto innalzamento del peso attaccato all'estremità libera della fune.

Un ingegno, in cui il falcone, invece di essere in positura orizzontale, sia disposto obliquamente e ben assicurato con quei membri ausiliari che sono confacenti a tale sua disposizione, prende il nome di *gruetta.*

Chiamansi *gru* quelle macchine che servono ad elevare pesi, che nell'arte del costruttore si impiegano ben soventi per sollevare e per porre in opera grossi blocchi di pietra da taglio, e che hanno la caratteristica proprietà di poter far percorrere ai pesi spazi orizzontali a qualsiasi altezza trovinsi essi elevati. Si costruiscono delle gru in cui i pesi elevati possono solo muoversi orizzontalmente col loro centro di gravità in una superficie cilindrica a generatrici verticali ed a direttore circolare, alle quali può convenire il nome di *gru a movimento orizzontale circolare;* si fanno delle gru atte a permettere il movimento dei pesi sollevati in due sensi fra loro perpendicolari, ed alle quali può convenire la denominazione di *gru a movimenti orizzontali ortogonali;* e finalmente si adoperano delle

gru, che si possono chiamare *a movimento orizzontale polare*, costrutte in modo da essere possibile ai pesi che esse portano di muoversi nel senso delle infinite direzioni rettilinee che si possono condurre da un punto fisso, e secondo archi di circolo aventi i loro centri sulla verticale passante per detto punto fisso ed i loro raggi eguali alla distanza che i centri di gravità dei pesi hanno dall'indicata verticale.

Le *gru a movimento orizzontale circolare* consistono essenzialmente in un solido basamento o zoccolo, nel quale è verticalmente piantato un robusto albero o fusto spalleggiato da appositi puntelli affinchè non devii dalla linea a piombo, e munito alla sommità di un forte perno verticale. Questo perno sostiene un'antenna obliqua con forme e con rinforzi opportuni ad impedirne le notevoli flessioni, senza però porre ostacolo al suo moto rotatorio. Due ruotelle trovansi infisse, una alla sommità e l'altra all'estremo inferiore dell'antenna, ed una fune distesa sul dorso di questa va ad afferrare il peso da sollevarsi coll'estremo pendente dalla ruotella più alta, e ad avvolgersi al fuso di un verricello coll'altro estremo. L'asse del fuso del verricello, quello del fusto e quello dell'antenna inclinata si trovano in un medesimo piano verticale. — La manovra della gru, di cui si è dato un breve cenno, si fa afferrando i pesi da sollevarsi coll'estremità della fune che pende dall'estremo superiore dell'antenna, mettendo in azione il verricello finchè si trovino essi pesi all' altezza voluta, e girando poi orizzontalmente l'antenna per portarli al sito richiesto. Evidentemente la parte di fune che verticalmente pende dall'antenna può prendere non solo qualsivoglia corpo posto nella circonferenza di circolo avente il suo centro sulla verticale del perno e di raggio eguale alla distanza che passa fra questo perno e la detta parte di fune, ma ben anche dei pesi situati dentro o fuori di detta circonferenza, purchè si abbia tanta lunghezza di fune da potervi arrivare. La pratica però fa vedere come una tale manovra sia affatto da proscriversi: i pesi posti dentro o fuori dell'indicata circonferenza, al primo venire sotto l' azione della macchina, esercitano una reazione obliqua contro la sommità dell'antenna, e questa reazione, che si continua finchè la fune che li trascina è arrivata alla perfetta verticalità, è quella che soventi produce il fiaccamento dell'albero della gru a solo movimento orizzontale circolare.

Le *gru a movimenti orizzontali ortogonali* si compongono essenzialmente di due parti: d'un castello scorrevole mediante quattro ruote su due rotaie sostenute da un solido armamento; d'un car-

retto portante il verricello, su cui avvolgesi la fune o la catena che impiegasi nel sollevamento dei pesi, e armato da quattro ruote scorrevoli su due rotaie portate dal sottostante castello. Le rotaie sulle quali si muovono le ruote del castello hanno direzione normale alle rotaie su cui scorrono le ruote del carretto, e quindi sono possibili questi due movimenti: un movimento che si può dire *longitudinale* e che complessivamente viene comunicato a tutta la macchina: ed un movimento *trasversale,* in direzione perpendicolare al longitudinale, e che viene impresso al solo carretto. — Tanto il movimento longitudinale quanto il trasversale si imprimono generalmente applicando la forza motrice a manovelle che mettono in moto degli ingranaggi i quali inducono i voluti moti nelle ruote. Queste macchine poi sono munite degli opportuni organi che permettono di fermare i pesi alle altezze volute e di abbassarli o di innalzarli a poco a poco. — La manovra delle gru a movimenti orizzontali ortoganali si fa nel seguente modo: si dà alla macchina il movimento necessario ad ottenere che il peso da sollevarsi sia nel piano verticale tangente alla superficie del fuso del verricello dalla parte verso cui pende l'estremo della fune o della catena che deve afferrare il corpo da trasportarsi; coll'altro movimento si porta detto estremo ad essere al di sopra del corpo; si attacca questo, si solleva all'altezza voluta manovrando il verricello; e finalmente, aiutandosi col movimento longitudinale e col movimento trasversale, si fa venire il corpo al di sopra del sito in cui deve essere impiegato, ed allora altro non si ha da fare che lentamente abbassarlo per porlo in opera.

Anche le *gru con movimento orizzontale polare* si compongono del castello e del carretto sul quale trovasi il verricello mercè cui si opera l'innalzamento dei corpi. Il castello consta di due travi orizzontali e paralleli sopportati da due robusti sostegni, in uno dei quali trovasi il perno su cui può girare tutto l'apparecchio, mentre l'altro è munito all'estremità inferiore di una ruota in ghisa scorrevole su una rotaia stabilita secondo l'andamento di una circonferenza di circolo avente il suo centro sull'asse di rotazione dell'intiero apparecchio. Le due travi superiori del castello, che devono essere sufficientemente spaziate e non essere religate da traverse fuorchè alle estremità, portano ciascuna una rotaia, per modo che simultaneamente considerate danno un binario su cui può scorrere il carretto ed il verricello. La macchina, di cui si è qui dato un brevissimo cenno, è suscettiva di due moti, l'uno di rotazione intorno al perno per cui si sposta castello e carretto, e l'altro di

translazione per cui si fa scorrere il solo carretto. Per rendere operazione facile quella di ottenere gli indicati due movimenti, e per poter fermare i corpi già innalzati alla voluta altezza, vi sono apposite manovelle, gli opportuni ingranaggi ed i convenienti freni. — Evidentemente con una gru a movimento orizzontale polare si possono prendere dei blocchi di pietra in un punto qualunque di uno spazio circolare avente il suo centro nell' asse di rotazione dell' intiera macchina e di raggio eguale alla massima distanza che il piano verticale tangente alla superficie del fuso del verricello, dalla parte verso cui pende la fune o la catena destinata ad afferrare i corpi da sollevarsi, ha da detto asse di rotazione, ed i medesimi blocchi si possono elevare e portare in un punto qualunque di una superficie circolare eguale alla prima e su essa verticalmente disposta. — Il modo di manovrare la macchina è così semplice che ognuno da sè facilmente lo può comprendere dopo quanto si è detto sulla manovra delle gru a movimenti orizzontali ortogonali.

148. **Ponti di servizio per opere murali**. — Questi ponti consistono in quei tavolati provvisori sopportati da armature, che è necessario stabilire sui cantieri per opere murali onde poterle continuare di mano in mano che vanno elevandosi. I ponti di servizio, avendo una destinazione temporaria, sono generalmente sostenuti da armature assai leggiere; ma la loro solidità deve essere tale da poter sopportare gli operai tutti applicati al lavoro, i materiali che su essi può essere il caso di accumulare, non che le macchine di trasporto e di innalzamento dei materiali medesimi. La loro struttura poi varia colle località in cui devono essere messi in opera, colla natura del lavoro da eseguirsi, ed in quello che immediatamente segue si accennerà ai diversi sistemi di ponti di servizio che vennero riconosciuti utili nelle ordinarie e più frequenti circostanze della pratica.

149. **Ponti di servizio appoggiati al suolo con sostegni verticali.** — I cavalletti da muratore, costituiti ciascuno da un travetto orizzontale sostenuto da quattro gambe convenientemente disposte a dare quattro stabili punti d'appoggio collocati in uno stesso piano, formano il mezzo più semplice per formare i ponti di servizio da adoperarsi per piccole altezze. Questi cavalletti si dispongono a giusta distanza, paralleli l'uno all'altro e sopra vi si distende un suolo di tavole.

Per elevare dei muri le cui altezze non sono superabili con soli cavalletti, si costruiscono delle armature con legni diritti ver-

ticali, generalmente d'abete, denominati *candele*, collegati da varii ordini di traverse per lo più di quercia, talvolta a sezione circolare e talvolta grossamente squadrati, e costituenti le orditure su cui appoggiano le tavole. Nella figura 131, mediante l'elevazione e la sezione trasversale, è rappresentato uno di tali ponti di servizio. Le candele C si dispongono verticalmente e parallelamente alle fronti dei muri, distanti da queste di circa metri 1,50 e spaziate fra loro da asse ad asse di circa 2 metri; le loro estremità inferiori si ficcano alcun poco in terra o si inviluppano in piccoli ammassi murali; e mediante funi o anche con cerchiature in ferro che si legano alle candele le traverse, le quali per l'altro estremo si addentrano nel muro M ad una profondità di circa metri 0,20. Di mano in mano che la muratura va elevandosi, si allungano le candele allacciandovi in continuazione delle nuove pertiche; si dispongono i varii ordini di traverse a distanze verticali di circa metri 1,75 l'uno dall'altro; nell'intento di consolidare il sistema, si lasciano a posto tutti i travicelli; e, onde diminuire i gravi danni che potrebbero derivare da funesti accidenti, è prudente consiglio di sempre conservare l'intavolato del piano immediatamente inferiore a quello su cui si lavora.

Le candele hanno ordinariamente da 5 a 10 metri di lunghezza, il diametro al capo grosso di metri 0,15 a metri 0,25, alla sommità terminano ben soventi in punta. In questo caso non si devono caricare per tutta la parte che ha il diametro minore di metri 0,08. Le traverse hanno ordinariamente lunghezza compresa fra metri 2 e 2,50 ed il diametro da metri 0,10 a metri 0,15. — L'allungamento delle candele si fa mediante opportune giunture assicurate da funi o da staffe o da lamine in ferro. Le giunture più usate sono quelle che si dicono *margine a margine* con fasciature (*fig.* 132), *margine a margine* con fasciature e gattello (*fig.* 133). Più soventi però, allorquando si prevede che una candela non potrà servire per arrivare alla sommità del ponte di servizio senza essere allungata, si compone essa con due fusti (*fig.* 134) A e B posti e mantenuti a contatto con funi o con cerchiatura di ferro, il primo dei quali sia alcuni metri più lungo dell'altro; ed il fusto C, destinato a produrre l'allungamento, si appoggia sulla testa del fusto B, e fortemente si stringe contro la parte superiore del fusto A. Dalla parte dove due fusti devono toccarsi si squadrano leggermente nell'intento di avere due facce piane e quindi un esteso contatto.

Dovendosi elevare dei muri in pietra da taglio, non si può generalmente lasciare in essi dei fori per appoggiarvi le traverse,

ed in tale circostanza conviene avere l'avvertenza di stabilire le candele in faccia alle aperture, di disporre in esse ed in faccia alle candele dei ritti verticali, e di legare a questi non che alle opposte candele le traverse che devono sopportare il tavolato.

I ponti di servizio che più di frequente si vedono impiegati nell'elevare muri per le ordinarie costruzioni civili sono fatti con candele (*fig.* 135) poste a distanza di circa 3 metri da asse ad asse, rilegate da longarine L a tutte le altezze in cui si pongono i tavolati. Queste longarine poi unitamente al muro che si va costruendo servono a sostenere le traverse T che portano direttamente il tavolato.

Nello scopo di rendere possibile ai muratori il poter lavorare tanto dall'una quanto dall'altra banda del muro che vanno elevando, si fanno ben soventi i ponti di servizio, siccome lo indica la figura 136 mediante una sezione trasversale, piantando due filari di candele C, due a due poste in faccia, rilegate da longarine L sopportanti le traverse T, che per tale disposizione si trovano con un fermo appoggio sul muro M che si costruisce, o sopra ritti verticali posti nei vani che in esso esistono.

Quando i ponti di servizio devono prestarsi a grandi manovre di macchine e reggere grossi carichi, le candele non si possono formare con semplici fusti congiunti in lunghezza coi metodi già indicati nelle figure 132 e 133, ma sibbene devono essere pezzi composti risultanti dall'insieme di più fusti mantenuti a contatto mediante robuste allacciature fatte con funi, o meglio con cerchiature in ferro (*fig.* 137).

Nei ponti di servizio in cui si impiegano delle robuste candele si pongono talvolta queste a distanza tale che mal potrebbero reggere alla portata le longarine L (*fig.* 138) da situarsi fra una candela e l'altra. In tale circostanza è necessario di prendere le opportune disposizioni che possono valere ad impedire l'eccessivo inflettersi delle longarine, ed ordinariamente può bastare la combinazione espressa dell'ultima citata figura.

Per salire ai diversi piani dei ponti di servizio di cui si è tenuto discorso, si fa generalmente uso di scale, dette *andatore* dai pratici, che consistono in tavole disposte con pendenza di circa 2 di base per 1 d'altezza, attraversate orizzontalmente da listelli contr'esse inchiodati a distanza di 28 a 35 centimetri, e sostenute pel di sotto da traverse orizzontali, da puntelli e da cavalletti convenientemente disposti.

150. Ponti di servizio pensili. — I ponti di servizio detti *pensili* sono quelli che vengono stabiliti senza il sostegno di candele,

e che si reggono pel contrasto scambievole di ben combinati membri appoggiati e ritenuti sui muri dell'edifizio. Tali ponti di servizio si fanno, sia per risparmio di legname quando devono essere adoperati nelle parti più elevate di qualche grande edifizio, sia per non imbarazzare le strade adiacenti alla fabbrica o l'area da essa racchiusa, sia allorquando al piede del muro che vuolsi eseguire vi sono ostacoli che impediscono di erigere un ponte col sistema indicato nel numero precedente. Nell'esecuzione dei ponti di servizio pensili bisogna procurare di adattarli alla forma, alle circostanze particolari dell'edifizio ed alle qualità delle operazioni da eseguirsi nel modo il più solido, il più conveniente ed il più semplice. Non si possono dare regole generali per la loro struttura, e solo si può accennare a quelle che più soventi veggonsi adottate nelle ordinarie costruzioni.

Allorquando trattasi di stabilire un ponte pensile in un edifizio a più piani e che in alcuno di questi si può liberamente operare, può tornar utile la disposizione che, mediante una sezione trasversale, viene rappresentata nella figura 139. Sui parapetti delle finestre si pongano orizzontalmente dei robusti pezzi in legno A; le loro estremità *a* si stringono fra due ritti verticali R ed R′, il primo appoggiato al suolo, e l'altro ritenuto contro il vôlto, o contro una trave del soffitto, o contro una trave appositamente stabilita; sulle parti esterne dei pezzi A si stabilisce il primo tavolato *t* del ponte di servizio; e finalmente alle estremità *b* si fermano le candele C, alle quali si legano le traverse T destinate a sopportare i diversi tavolati.

Se un ponte pensile deve essere stabilito impiegando legnami da porsi tutti esternamente all'edifizio, si può tenere la disposizione che viene rappresentata in sezione trasversale nella figura 140. Le traverse orizzontali T, fermate nel muro per l'estremo *a*, si sostengano all'estremo *b* mediante legni inclinati A, i cui piedi si trovano saldamente fermati nel muro; sulle traverse T si stabilisca il primo tavolato; e quindi sopra si elevi il ponte di servizio mediante candele verticali C. — Evidentemente nell'indicata disposizione vi ha una forza che tende a distaccare il ponte del muro, e, per opporsi a questa tendenza, colla massima cura si devono fermare nel muro le traverse del primo rango, assicurandole mediante piastre in ferro opportunamente disposte.

Gli indicati due tipi di ponti di servizio pensili sono quelli che convengono per le ordinarie circostanze, ma non sempre soddisfano alle esigenze dei grandi edifizi; e, a seconda delle circostanze,

il costruttore deve sapersi ideare ponti di servizio in perfetta armonia collo scopo che si ha in mira di ottenere.

Bellissimi esempli di grandi ponti di servizio pensili, nei quali risplende l'ingegno e l'intelligenza meccanica di coloro che seppero idearli sono: quello che l'architetto Amati fece erigere per compiere la facciata del Duomo di Milano, avente più di 65 metri d'altezza e che servì all'innalzamento di ingenti massi di pietra del peso di oltre 700 chilogrammi (Borgnis, *Traité élémentaire de construction:* lib. III, cap. III. — *Chiese principali d'Europa:* Milano, fascicolo 2°); le armature di cui si servì a Parigi il Rondelet per la costruzione della cupola di Santa Genoveffa e per la ristaurazione dei pilastri della cupola medesima (Rondelet, *Traité théorique et pratique de l'art de bâtir;* lib. VI, sez. II, art. IV); le ingegnosissime invenzioni di maestro Nicola Zabaglia descritte dal Fontana in un suo lavoro pubblicato in Roma fin dall'anno 1743.

151. Ponti di servizio mobili — Questi ponti si impiegano puramente per riparazioni e si possono ridurre a due tipi. — Un ponte di servizio mobile del primo tipo consiste in una solida intelatura fermata da longarine e da traverse, sopportanti il tavolato e sostenuta da funi. Queste funi vanno ordinariamente ad apprendersi alla taglia mobile di un paranco la cui taglia fissa è sostenuta da un ritegno immobile collocato verso la sommità dell'edifizio. — I ponti di servizio mobili del secondo tipo consistono in armature di cui tutti i membri sono stabilmente connessi, e che con facilità possono essere trasportati da un luogo all'altro, stando sempre su una specie di carretto con solide ruote molto spaziate fra di loro.

152. Ponti di servizio per costruzioni idrauliche. — I ponti di servizio per costruzioni idrauliche, ossia quelli che devono essere stabiliti sopra considerevoli masse d'acqua per potervi sistemare le macchine, ed eseguire l'impianto delle palificazioni non che le varie operazioni necessarie per la fondazione e per l'elevazione dei muri, si formano ordinariamente, come lo indica la figura 141 in proiezione orizzontale, con file di pali p del diametro di metri 0,20 a metri 0,25 posti in generale a distanza non maggiore di metri 4 l'uno dall'altro e sporgenti con le loro teste dall'acqua almeno di 2 metri al di sopra del livello delle acque magre. Queste file di pali si coronano superiormente con architravi orizzontali A, i quali sostengono poscia il tavolato. Gli architravi si assicurano alle teste dei pali inchiodandoli come si vede dalla figura 142. Però adottando questo sistema, è necessario di tagliare

i pali tutti al medesimo livello, e generalmente si trova più conveniente di sostituire agli architravi delle piane applicate di piatto (*fig.* **143**), a guisa di fasce lungo tutti i pali di una stessa fila, ed allora sono le coste superiori delle piane che servono a sostenere gli assi costituenti il tavolato. Alle estremità, e talvolta anche in luoghi intermedi, si consolida il sistema mediante catene C formate di piane chiodate agli architravi o anche ai pali. La larghezza da assegnarsi ad un ponte di servizio per costruzioni idrauliche dipende dalle manovre e dalle operazioni che su esso si devono eseguire: la larghezza di metri 2,50 tutto all'intorno all'area di fondazione sembra conveniente per la costruzione di una pila. Dovendosi la costruzione di molto elevare fuori d'acqua, si possono fermare ai pali P dei ritti che verticalmente si sollevino e stabilire su essi i ponti di servizio alle altezze volute.

Talvolta per l'esecuzione dei lavori nell'acqua si fa uso di palchi sostenuti da opportune barche. Questo sistema, a cui necessariamente bisogna attenersi nel piantamento di alcuni dei pali P (*fig.* **141**), allorquando si opera in acque piuttosto alte, non viene approvato dalla sana pratica per lo stabilimento di importanti fondazioni a motivo della poca fermezza che offre, e perchè, a seconda delle variazioni che possono manifestarsi nel livello dell'acqua, richiede indefessa attenzione onde mantenere per mezzo di opportuni ripieghi il palco e le macchine in posizione confacente alle operazioni da eseguirsi.

CAPITOLO V.

Fondazioni.

ARTICOLO I.

Nozioni generali.

153. Oggetto delle fondazioni e loro importanza nell'arte edificatoria. — Le fondazioni hanno per iscopo il solido impianto degli edifizi sopra un fondo che, naturalmente o per artificiali ripieghi, sia atto a sopportarli, senza che vengano a manifestarsi sconci capaci di provocare la loro dissoluzione e di accelerare la loro ruina. Gli errori di costruzione nei fondamenti sono generalmente assai difficili, soventi impossibili a ripararsi, e quindi i

più gravi, i più funesti e quelli pei quali, siccome ben diceva Leon Battista Alberti (*De re ædificatoria*, lib. III, cap. II), niuna sorte di scusa può essere menata buona. L'argomento delle fondazioni degli edifizi è adunque della massima importanza, importa che i costruttori ben ne conoscano i principii generali, che siano al possesso dei diversi sistemi con buona riuscita già stati posti in opera, e che negli svariati casi della pratica convenientemente li sappiano applicare a seconda delle particolari circostanze che loro si presentano.

154. Casi che si possono presentare in pratica nello stabilimento delle fondazioni. — Le località su cui devonsi stabilire opere di fondazione o sono completamente all'asciutto, oppure sono coperte od attraversate dalle acque, per cui conviene innanzi tutto distinguere il caso delle fondazioni da eseguirsi all'asciutto, da quello nel quale devesi operare sott'acqua o in terreni attraversati da acque. I pratici chiamano col nome di *fondazioni comuni* quelle da stabilirsi nel primo caso, e danno il nome di *fondazioni subacquee* o di *fondazioni idrauliche* a quelle da farsi nel secondo.

Essendo poi la crosta superficiale della terra composta di sostanze di vario genere, le une adatte e le altre non capaci a presentare una base solida ed immobile all'impianto di pesanti edifizi senza aver ricorso ad artificiali e più o men complicati ripieghi, tanto nello stabilimento di fondazioni comuni quanto in quello di fondazioni subacquee importa considerare tre casi che valgano a distinguere la natura dei terreni relativamente alle opere per fondamenti. Il primo caso è quello in cui devesi fondare su un *fondo incompressibile,* ossia sopra un terreno per sè abbastanza consistente e capace di sopportare il peso dell'edilizio che su esso vuolsi elevare; il secondo caso avviene in quelle circostanze in cui s'incontrano dei terreni incompressibili soggetti ad avvallarsi ed a lasciarsi trasportare dalle acque, e costituenti per conseguenza un *fondo mobile ;* il terzo caso è quello in cui si ha da fondare su un *fondo compressibile*, ossia sopra un terreno naturalmente cedevole sotto le pressioni che sarà per produrre la costruzione che sovr'esso devesi elevare.

155. Quali materie danno un fondo incompressibile, quali un fondo mobile e quali un fondo compressibile. — Lo scoglio in primo grado, ed in grado inferiore il tufo, le brecce, le argille compatte e dure non esposte all'azione dell'acqua, le terre sassose il cui scavo esige l'impiego del piccone ed i terreni renosi, che non sono e che non possono essere attraversati da correnti, sono le

materie le quali danno i fondi incompressibili. Per riguardo ai terreni renosi però si deve ritenere che l'asserzione vale solamente pel caso di leggieri pressioni, giacchè da esperienze instituite da Vicat risultò che gli elementi della rena, isolatamente incompressibili, possono comportarsi sotto i grandi carichi come i terreni compressibili, in quanto che si determina un tal modo di posatura da diminuire la somma dei primitivi interstizii. Le sabbie attraversate da sorgenti ed in genere tutte le terre soggette ad avvallamenti ed a lasciarsi trasportare dalle acque costituiscono i fondi mobili; e finalmente i terreni argillosi, torbosi, paludosi, le terre vegetali e le terre riportate somministrano i fondi compressibili.

156. Esplorazione di un terreno nel quale devesi fondare. — La conoscenza della natura e delle vicende di un terreno, nel quale devesi fondare un dato edifizio, va acquistata per via di accurate esplorazioni, fatte in molti luoghi ed alle necessarie profondità entro la superficie nella quale deve essere stabilito l'impianto dell'opera a costruirsi. Queste esplorazioni chiamansi *tasti*, e si possono eseguire mediante lo scavamento di fosse o di pozzi, o mediante ordigni che diconsi *taste* o *tente*.

L'esplorazione fatta mediante fosse oppure mediante pozzi è quella che riesce più sicura, giacchè si ha campo di riconoscere come si succedono sotto la crosta superficiale le diverse materie, ed a quali profondità si trovano. Questo metodo però, oltre di non essere applicabile in terreni coperti ed attraversati da acque, riesce generalmente assai dispendioso, e quindi si adopera solamente in alcune eccezionali occasioni di fondazioni all'asciutto.

Le *taste*, che nelle ordinarie circostanze vengono adoperate onde esplorare la natura di un terreno nel quale devesi eseguire un'opera di fondazione, consistono generalmente in verghe di ferro di lunghezza conveniente e della riquadratura di 6 ad 8 centimetri. Nelle facce di queste verghe, ed a diverse altezze, sono incavate delle nicchie, o cellette, più larghe e più profonde in basso che alla sommità. L'estremità inferiore delle taste è acuminata affinchè risulti facile la loro penetrazione nel terreno, e l'estremità superiore è munita di un occhio in cui s'infila un'asta quando vuolsi operare la loro estrazione dal terreno nel quale vennero piantate. Il saggio di un terreno mediante un ordigno foggiato come or ora si è detto si fa nel seguente modo: si riempiono le nicchie di sego; disposta verticalmente la verga nel sito in cui deve essere piantata, a colpi di maglio si fa affondare nel terreno fino a raggiungere la voluta profondità; e si ritrae dopo facendola girare mercè l'asta che sarassi

fitta nell'occhio di cui va munita la sua estremità superiore. Quando la tasta comincia a girare, il sego resta espulso dalle nicchie e le terre occupano il suo posto, cosicchè dalle materie esistenti nelle diverse cellette si viene a dedurre la natura dei vari strati che si succedono gli uni agli altri sotto la superficie del suolo sino alla profondità per cui si è disceso lo strumento esploratore. Le taste che devono discendere ad una grande profondità sono costituite da più pezzi, con lunghezza non maggiore di 2 metri, che si vitano l'uno sull'altro di mano in mano che vengono affondate nel terreno.

Più degli ordigni ora descritti sono facili a maneggiarsi quelli che prendono il nome di *trivelle*, che hanno il fusto cilindrico, munito all'estremità inferiore di un succhio o cartoccio e formato di molti pezzi aventi ciascuno lunghezza di 1 a 2 metri, i quali si vitano l'uno nell'altro di mano in mano che lo strumento va penetrando nel terreno. Le trivelle si affondano comunicando loro un movimento rotatorio e si estraggono mediante un analogo movimento impresso in senso contrario. La materia che trovasi nel succhio, allorquando la trivella viene estratta, è quella che esiste alla profondità che venne raggiunta dal succhio medesimo. Dai costruttori italiani chiamasi *trivella gallica* l'ordigno di cui or ora si è parlato.

Trattandosi di assaggiare un terreno coperto da acque, come soventi avviene nelle costruzioni idrauliche, gli indicati metodi potrebbero riuscire impraticabili ed infruttuosi, e generalmente importa di circuire e di isolare con opportune semplici disposizioni il sito in cui vuolsi affondare la trivella. Gauthey riferisce due procedimenti con buon successo stati messi in opera in alcune importanti costruzioni. — Il primo di questi procedimenti consiste nell'affondare dei pali grossi del diametro di 40 a 50 centimetri, forati a guisa di tubi con foro cilindrico del diametro di 10 a 12 centimetri, nel sito in cui vuolsi fare l'esplorazione ed alla profondità necessaria. Perciò, quando tale profondità è grande si incomincia dal piantare un primo palo che deve essere munito all'estremità inferiore di una cuspide in ferro con foro corrispondente a quello esistente nel palo; quando la sua testa è prossima ad essere coperta dalle acque, con conveniente modo di giuntura si prolunga aggiungendo un secondo palo forato; e così si continua fino a raggiungere la necessaria profondità. Di mano in mano che ottiensi l'affondamento di una delle parti costituenti l'intiera colonna forata che si fa discendere, colla trivella si fa l'assaggio del terreno che in essa esiste, e così per diverse profondità si arriva a

conoscere la natura del terreno che trovasi al di sotto della superficie coperta dalle acque. — Il secondo procedimento, che essenzialmente non differisce dal primo, consiste nell'affondare dei robusti cassettoni formati di grosse tavole, senza fondo, colla sezione quadrata di 40 a 50 centimetri di lato, e colla lunghezza di circa 2 metri. Questi cassettoni si mettono in opera come i pali, battendoli, innestandoli progressivamente, ed esplorando colla trivella la materia in essi rinchiusa. Affinchè il primo cassettone possa facilmente penetrare nel terreno senza sconciarsi, bisogna guernire i suoi lembi inferiori d'un orlo tagliente in ferro.

157. **Metodi generali per l'esecuzione delle fondazioni**. — Allorquando alla superficie della terra si incontra una materia che si mostra solida, e che tale si mantiene per una profondità sì grande da non essere temibili dei cedimenti per il peso dell'edifizio da costruirsi, anche nel caso che sotto esistano strati di sostanze non solide e cedevoli, senza escavazioni sensibili, si può francamente stabilire sovr'esso l'impianto dei fondamenti. Qualora poi la crosta superficiale del terreno nel sito, ove vuolsi stabilire e fondare un edifizio, sia incapace a sopportarne il peso, o perchè composta di materia mal ferma, o perchè di spessore non sufficiente e sovrastante a strati cedevoli, conviene con opportune indagini ricercare se ad una discreta profondità non esiste un letto solido, stabile ed immobile di materia soda; e nel caso che un tal letto esista, o si stabiliranno i muri di fondazione sopr'esso dopo di averne scoperto il dosso con opportune escavazioni, oppure, piantando dei pali verticali fino a raggiungere il sodo, si stabilirà un castello in legname, mediante il quale si farà gravitare il peso dell'edifizio da costruirsi sul fondo non cedevole.

Quando avviene di trovare dei terreni coperti o attraversati da acque, esportabili da queste e di natura mobile, bisogna distinguere se sono essi incompressibili o compressibili: nel primo caso può essere sufficiente di ragguagliare la superficie del suolo, di stabilire su essa un robusto strato di materie valevoli a difenderla dalle corrosioni che vi potrebbe apportare l'acqua; nel secondo invece è necessario raggiungere un fondo sodo ed immobile. Quando questo fondo sodo trovasi a discreta profondità sotto la superficie del suolo, si può far sopportare l'edifizio da castello in legname sostenuto da pali che a guisa di colonne vanno a fermarsi nel terreno sodo ed immobile dopo di aver attraversato le materie mobili; quando invece è grande la profondità a cui arrivano le materie cedevoli ed il terreno mobile, il piantamento

dei pali può diventare eccessivamente dispendioso, difficile e talvolta impossibile, e torna conveniente di scavare il terreno cedevole e mobile con opportuni mezzi valevoli ad impedire gli avvallamenti, che servano di sostegno alle materie mobili nel mentre l'escavazione progredisce, ed andare così a piantare direttamente le basi in muratura dell'opera da costruirsi sul fondo sodo.

Quando finalmente avviene di non rinvenire fondo stabile per quanto grande sia la profondità a cui si estendono le indagini, oppure quando questo fondo esiste ad una profondità tale da non potersi raggiungere coi mezzi di cui è possibile disporre, l'unico partito a cui generalmente conviene appigliarsi è quello di correggere la viziosa natura del fondo, onde renderlo adatto con opportuni temperamenti a ricevere sopra di sè il carico dell'edifizio per cui vogliansi fare le fondazioni senza che abbiano a succedere dei perniciosi cedimenti.

Presentandosi il caso di dover impiantare dei fondamenti murali sopra materie che più facilmente della muratura sono soggette a schiacciarsi, si faranno questi fondamenti con una base più ampia di quella che devono presentare i muri che ad essi vanno soprapposti, onde ottenere che la pressione per ogni unità superficiale della base d'impianto sia minore della pressione che vale a schiacciare la muraglia soprastante e la materia sulla quale essa appoggia.

Bisogna poi ancora avvertire che talvolta non è sufficiente di stabilire una fondazione in modo che sia bastante a sopportare il peso che su essa deve gravitare, ma che in parecchie circostanze bisogna anche tener conto delle azioni orizzontali, quali sono le spinte della terra, dei liquidi, dei vôlti, ecc.; impiegando delle catene in ferro, dei contrafforti, degli archi di controspinta, o meglio assettando le fondazioni secondo una direzione AB (*fig.* 144) normale alla risultante R di tutte le forze che su esse agiscono, le quali forze nel caso rappresentato dalla citata figura si suppongono ridotte a due P e Q, rappresentanti rispettivamente il peso di un muro di sostegno e la spinta prodotta da un terrapieno che contr'esso appoggia. L'ultimo ripiego non può rigorosamente essere applicato nella pratica, giacchè le costruzioni devono in genere resistere a forze permanenti che non cangiano d'intensità e di direzione, ed a forze accidentali, la cui intensità e direzione può variare da un istante all'altro. Queste variazioni però devono generalmente conservarsi fra limiti tra loro non molto lontani; l'aderenza e l'attrito, che sviluppansi sulla base naturale od artificiale sulla quale sono impiantate le fondazioni, hanno qualche influenza

nell'opporsi allo scorrimento che le azioni orizzontali tendono a produrre, e quindi sono sufficienti in tali casi le soluzioni approssimate. Del resto, le circostanze nelle quali conviene di aver ricorso a dei mezzi speciali onde premunirsi contro le azioni orizzontali sono affatto eccezionali, e sembra sufficiente l'aver avvertito il fatto senza ulteriormente insistervi. Per lo innanzi si supporrà, salvo una speciale avvertenza, che nello stabilimento di fondazioni non abbiasi a temere scorrimento per effetto di azioni orizzontali, e che sia sufficiente di prendere in considerazione le pressioni verticali, e che, siccome abitualmente si pratica, debbasi stabilire orizzontalmente la base dei fondamenti.

La muratura per fondazioni, a seconda della sua qualità, verrà eseguita colle norme stabilite nel precedente capitolo, ed in ogni cosa si procurerà di raggiungere il massimo grado di stabilità. Se il fondo sul quale devono essere impiantati i muri di fondazione sarà di tal materia da far aderenza colle malte, si incomincieranno le opere murali distendendo un letto di malta, diversamente si poseranno a secco le pietre componenti il primo filare. Per ottenere che gli abbassamenti siano per risultare uniformi in tutte le parti di una costruzione per cui si stanno costruendo i muri di fondazione, si comporrà ciascun filare di muratura con materiali della medesima altezza e della medesima durezza, e si avrà cura di impiegare i materiali più duri per la composizione degli strati inferiori. Bisogna rifiutare tutti i materiali teneri e di mediocre qualità, giacchè sotto l'azione del peso dell'edifizio da erigersi potrebbero poi schiacciarsi compromettendo la solidità dell'opera ed apportandone talvolta la definitiva rovina.

Molti autori hanno creduto di poter prescrivere delle regole fisse relativamente alla grossezza da darsi ai muri di fondazione: secondo Palladio, le muraglie di fondazione dovrebbero avere uno spessore doppio; secondo Scamozzi uno spessore variabile fra 7/6 e 5/4; secondo Delorme uno spessore 3/2 di quello dei muri che sopportano. Belidor poi, osservando che quanto più i muri sono alti tanto più è d'uopo che siano ampie le masse fondamentali a cui si appoggiano, ha suggerito che per quei muri che non sono più alti di metri 6,50, lo sporto o risega nel fondamento debba essere di metri 0,11 per parte, e così in proporzione crescere pei muri più alti in modo da avere metri 0,27 d'aggetto per ogni parte quelli aventi l'altezza di 16 metri. Tutti questi precetti non si possono ritenere come assoluti, e ben soventi sono erronei: lo spessore dei muri di fondazione deve variare colla natura della

costruzione e del terreno, e deve crescere coll'aumentare della compressibilità del suolo e delle pressioni che l'edifizio deve produrre. In quanto al modo di fare le riseghe, se cioè si devono egualmente trovare da ambe le parti della massa murale, non bisogna prendere per guida la posizione dell'asse del muro, ma sibbene quella del punto d'applicazione della risultante di tutte le forze che agiscono sulla fondazione. Infatti essendo ABCD (*fig.* 145) la sezione trasversale di un muro, EF il livello delle sue fondazioni, GH la direzione risultante di tutte le forze che su esse agiscono ed IK lo spessore da darsi alle medesime, se si fanno le riseghe egualmente sporgenti da ambe le parti del muro, egli è evidente, qualunque sia l'ipotesi che vogliasi fare nella ripartizioni della pressione in ciascuna delle due parti HI ed HK, che la pressione per ogni unità superficiale sarà maggiore su HI che su HK, e che per conseguenza vi sarà più tendenza allo sprofondamento dalla prima che dalla seconda parte, e che, se il terreno cede, il muro s'inclinerà verso il punto I con pericolo di rovesciamento. Se invece le riseghe, siccome lo indicano le linee punteggiate della figura, sono stabilite in modo che HI′ si approssimi ad eguagliare HK′, le riferite tendenze di sprofondamento e di rovesciamento saranno annullate o almeno ridotte di poca entità. Se vi sarà affondamento, succederà in modo uniforme per tutta la larghezza dei fondamenti, e la costruzione potrà discendere di una piccola quantità, ma non rovesciarsi. Segue da ciò che, per i muri che devono sopportare le spinte di vôlte, di terre e di liquidi, convien dare più larghe riseghe ed anche farle solamente dalla parte opposta a quella da cui vengono le spinte.

Quando il fondo su cui si appoggia una fondazione può essere considerato come assolutamente incompressibile, basta che la risultante delle forze cada nella base dei fondamenti e ad una distanza tale dagli spigoli esteriori che non siavi pericolo di schiacciamento della muratura.

ARTICOLO II.

Fondazioni comuni.

158. Fondazioni su vivo scoglio o sopra tufo lapideo presentantesi alla superficie del suolo. — In questa circostanza, che generalmente è la più favorevole per lo stabilimento delle fondazioni allorquando il masso lapideo si interna ad una sufficiente

profondità, si farà radere il suo dorso in modo da ridurlo a presentare una superficie orizzontale; e quando il suolo sia naturalmente inclinato (*fig.* 146), come succede alle falde dei monti, si taglierà a scaglioni per ottenere a diverse altezze delle basi orizzontali AB, CD, EF, ecc. Nel preparare così la superficie d'impianto delle fondazioni si avrà cura di togliere tutta quella crosta esteriore che non presenta un perfetto consolidamento e che si mostra alterata per lunga esposizione alle influenze atmosferiche; come pure si procurerà che detta superficie rimanga piuttosto scabra affine di ottenere una salda presa collo strato di malta di cui verrà coperta nell'impiantarvi i muri dell'edifizio a costruirsi.

Sarà utile di aprire nel masso, ed a bella posta, degli incavi di qualche profondità da riempirsi con buona muratura, che così verrà a costituire come tanti denti verticali, mercè cui i muri da erigersi si troveranno quasi saldamente calettati nel masso stesso. Queste indentature devono in singolar modo essere praticate negli angoli degli edifizi. Nel caso poi che l'impianto dei muri sul masso di pietra viva non sia per risultare incassato nel suolo circostante, si stabilirà un'impernatura generale della profondità di 3 a 5 centimetri e con un declive dall'esterno all'interno di 1/20 della grossezza dei muri da soprapporsi.

Preparato l'imbasamento delle fondazioni mediante le operazioni sopra descritte, si puliranno tutte le loro facce d'ogni materia eterogenea, e sopra si distenderà un letto di malta sul quale si costruiranno poi i muramenti.

Nel fare le fondazioni su pietre e principalmente su pietre tufacee, importa che il costruttore attentamente badi: se i loro banchi non presentano interruzioni o caverne coperte come da vôlte naturali; se queste vôlte hanno grossezza sufficiente da poter reggere il peso che sopra vi deve gravitare. Nel caso che si reputi conveniente di correggere questa mancanza di fondo, si demoliranno le vôlte naturali che non presentano sufficiente resistenza, si sostituiranno ad esse delle buone vôlte murali appoggiate alle spalle opposte del masso e sostenute, se fia d'uopo, da opportuni sostegni artefatti e piantati nelle caverne. Mediante vôlte analoghe in muratura si può rimediare al difetto di fondo che nasce da ampie e profonde interruzioni estendentisi fino alla superficie esterna, e che apporterebbe grave dispendio qualora per intiero si volessero riempire di muro le dette interruzioni.

Anche la stratificazione delle pietre sulle quali vuolsi impiantare un edifizio è una circostanza che non deve sfuggire alle ri-

cerche dell'accorto costruttore, e sarebbe grave imprudenza lo stabilire un edifizio di qualche rilievo sopra un masso roccioso cogli strati inclinati, quando questi vengono a terminare con una frana e quando si riconoscono fra essi degli strati argillosi che stemprandosi in presenza dell'acqua potrebbero determinare lo sdrucciolamento di alcuni strati superiori e della sovrastante costruzione. In tale circostanza bisogna, se è possibile, o internare le fondazioni nel masso roccioso fin sotto la parte soggetta a scorrimento, o prendere quelle disposizioni che sono necessarie per impedire lo sdrucciolamento che si teme.

159. **Fondazioni su un fondo incompressibile presentantesi alla superficie del suolo e non costituito da vivo scoglio o da tufo lapideo** — Il metodo di fondazione, che nel precedente numero si è dichiarato doversi adottare per i casi in cui s'incontrino alla superficie del suolo dei vivi scogli o dei tufi lapidei, lievemente modificato, può convenire quando si trova un terreno incompressibile qualunque, come sono le brecce, le argille compatte e dure, le terre sassose che richiedono l'uso del piccone per essere smosse, ed i terreni renosi. Bisogna perciò, non solo regolarizzare la superficie superiore del suolo, ma anche operare uno scavo di qualche profondità, dare al piede della muratura un imbasamento proporzionale alla pressione che deve sopportare, e fare, siccome lo indica la figura 147 mediante una sezione trasversale, i primi corsi delle fondazioni murali con resistenti e larghe pietre o con alti strati di calcestruzzo onde distribuire convenientemente la pressione sulla base dei fondamenti. Il bisogno d'impiantare la muratura a qualche profondità sotto il suolo naturale viene motivata dalla mobilità di cui godono i fondi che non sono vivi scogli o tufi lapidei, e dalla facilità con cui per cause accidentali possono essere alterati coll'andar del tempo; la necessità d'imbasare i muri di fondazione su una base molto più ampia della sezione orizzontale dei muri che sostengono, deriva da ciò che in detti terreni non si verifica assolutamente l'incompressibilità; ed infine la ripartizione delle pressioni in modo, per quanto si può, uniforme è diretta ad ottenere che in egual modo e con egual intensità si producano i piccoli abbassamenti che saranno per avvenire nel suolo di fondazione sotto il peso dell'edifizio che su esso si deve elevare.

160. **Fondazioni per escavazione su un fondo incompressibile esistente a qualche profondità sotto la superficie del suolo naturale.** — Questo sistema di fondazione consiste: nello scavare

in quei siti in cui si vogliono stabilire i fondamenti delle fosse o trincee talmente profonde da scoprire il fondo sodo, e larghe quanto è necessario per potervi fabbricare entro i muri delle grossezze riconosciute necessarie; nel preparare il fondo scoperto come venne detto al numero 158; e finalmente nell'elevare in questo scavo la muratura di fondazione.

Il sistema di fondazione per escavazione risulta molto dispendioso nel caso in cui il fondo incompressibile si trovi a grande profondità a motivo del voluminoso sterro che devesi eseguire, dei puntellamenti che possono occorrere, del grande masso murale di fondazione che devesi elevare; e generalmente non conviene applicarlo a profondità maggiore di 4 metri, salvo che gli sterri vengano già richiesti da altre esigenze dell'edifizio da fondarsi.

161. **Fondazioni a pilastri** — Allorquando il fondo sodo che può ricevere l'impianto di fondazioni murali si trova ad una grande profondità al disotto del suolo naturale, per economia di muratura, dopo aver scavato il terreno, si possono stabilire su detto fondo dei solidi pilastri in muratura P, rilegati, siccome appare dalla figura 148 la quale rappresenta una sezione longitudinale dell'opera, da robusti arconi A, che generalmente si fanno a pien centro. Superiormente a detti arconi, il muro di fondazione si termina con un piano orizzontale OO', e sopra si eleva l'opera che esso deve sostenere.

Allorquando torna possibile il farlo, si discende l'escavazione sino al fondo sodo solamente nei siti in cui devono essere elevati i pilastri, ed i massi di terra intermedi si tagliano superiormente in modo da poter essi servire come centine per la costruzione degli arconi. Quando le circostanze locali non permettono di scavar così poco, si fa lo sterro per intiero, si elevano i pilastri fino alle imposte degli arconi, si riempiono gli spazi intermedi colla terra stessa che si ricavò dallo scavo e che appositamente si sarà messa in deposito, e finalmente si fanno i vôlti facendo servire per centine la terra stessa riportata, che al di sopra accuratamente si sarà foggiata a superficie cilindrica giusta la curva direttrice assegnata agli archi.

In questo sistema di fondazione, che in alcune circostanze si portò fino a 12 metri di profondità sotto il suolo naturale, i pilastri si fanno ordinariamente in calcestruzzo, gli arconi si fanno in muratura di mattoni o anche di pietrame lavorato, ed il tutto si riduce ordinariamente ad un piano orizzontale o con muratura laterizia o con muratura di pietrame comune.

162. Fondazioni a pozzi. — Questo sistema di fondazione, conveniente quando il fondo sodo trovasi ad una grande profondità sotto il suolo naturale, e principalmente quando devonsi attraversare dei terreni mobili, consiste nello scavare dei pozzi di sezione circolare o rettangolare fino a trovare un buon fondo, e nel riempirli di muratura fino a quell'altezza alla quale riesce conveniente il gettare degli arconi che appoggino dall'una all'altra o dall'uno all'altro delle colonne o dei pilastri così ottenuti. Per applicare questo sistema di fondazione si potrebbe operare lo scavamento dei pozzi colle norme date al numero 38, riempirli di muratura quando il totale loro scavo trovasi eseguito e levare le armature di mano in mano che il riempimento si eleva: generalmente però torna più economico di fare un rivestimento murale alla parete dei pozzi di mano in mano che ha luogo il loro affondamento, perchè questo rivestimento, nel mentre serve di armatura per impedire gli avvallamenti delle terre, forma già una parte della massa murale della colonna o dei pilastri che si ha in mira di ottenere. I pozzi per fondazioni si fanno generalmente con sezione circolare, perchè questa meglio di ogni altra è conveniente a non permettere che succedano sconci e deformazioni sotto le azioni delle potenti spinte che le terre mobili naturalmente producono.

Un primo metodo di fondazione a pozzi che in alcune circostanze già venne applicato con buon successo è il seguente: si scavi verticalmente il terreno fino a quella profondità per cui non sono a temersi scoscendimenti, assegnando allo scavo quelle dimensioni che sono richieste dallo scopo per cui si fanno le fondazioni; le pareti dell'escavazione si rivestano con una scorza di muratura talmente spessa da non cedere sotto la spinta della terra; si continui l'escavazione delle terre verticalmente insistenti sotto il cilindro vuoto compreso nella parete interna della muratura per una profondità sulla quale non possano verificarsi scoscendimenti; sotto il rivestimento già fatto si pratichino degli scavi, generalmente in numero di quattro ed egualmente distanti, per subito costrurre in essi dei pilastri elevantisi dal fondo dell'escavazione fin sotto il rivestimento medesimo; si levi il terreno rimasto fra questi pilastri; e finalmente si termini la porzione di rivestimento del quale fanno parte i quattro pilastri indicati. Così operando successivamente, per tratti di scavo su cui le terre non possano scoscendere, si può raggiungere il fondo sodo e compire l'intiero rivestimento del pozzo. La figura 149, mediante una sezione passante per l'asse di un pozzo in via d'esecuzione e me-

diante una sezioue orizzontale al foudo, dà un'idea del modo con cui si fa progredire il lavoro di scavo. — A Parigi, applicando il descritto procedimento a scavare ed a rivestire un pozzo col diametro esterno di metri 9, destinato al collocamento delle nuove pompe stabilite sul *quai* d'Austerlitz, si fece il rivestimento con pietrame di macigno e cemento di Gariel dello spessore di metri 0,50, si procedette per scavi successivi alti 1 metro, ed ai quattro pilastri di sostegno del rivestimento già eseguito si faceva abbracciare un metro di sviluppo sulla circonferenza interna del pozzo.

Il rivestimento murale di un pozzo si può anche eseguire nel modo indicato dalla figura 150 mediante una sezione verticale passante per l'asse: si prepari una solida corona di legname avente il diametro maggiore di qualche centimetro più grande del diametro esterno del pozzo, ed il diametro minore uguale al diametro iuterno; si incominci dallo scavare le terre per una profondità tale, che non ecceda quella oltre la quale esse incominciano a scoscendere, e generalmente per una profondità compresa fra metri 0,30 e metri 0,75; nel fondo orizzontale di questo scavo si posi la detta corona e sopra si elevi un anello di muratura alto quanto è profondo lo sterro già eseguito: si scavi sotto la corona che sostiene il rivestimento già eseguito per fare in modo che esso discenda per proprio peso; e di mano in mano che l'affondamento si verifica si aggiungano superiormente nuovi anelli di muratnra. Con questo procedimento si può discendere fino a trovare il suolo resistente anche a profondità di oltre 20 metri. — Una bellissima applicazione del descritto metodo per scavare e rivestire i pozzi venne fatta nell'anno 1825 dall'ingegnere Brunel, allorquando a Rotherhite volle stabilire il pozzo che comunica col tunnel del Tamigi. Il valente ingegnere fece stabilire sul suolo e nel sito in cui il pozzo doveva essere savato una robusta corona in ghisa armata d'un tagliente alla sua parte inferiore: su questa corona fece elevare una torre in muratura di mattoni e cemento, alta metri 12,80 col diametro di metri 15,24 e, nell'intento di ottenere un tutto assieme ben rigido, fece porre delle forti spranghe verticali in ferro che, attraversando il masso murale, servivano a stringerlo fra la corona inferiore d'appoggio ed una corona posta sullo strato superiore; e finalmente, facendo in questa scavare terra progressivamente dal centro fin sotto la corona, ne ottenne il totale affondamento. Nel fare quest'operazione per impedire che la torre deviasse dalla verticalità, veniva essa conveuientemente sostenuta, e l'operazione ebbe luogo con tanto successo e con tale

regolarità che più tardi il medesimo ingegnere si servì dello stesso espediente per discendere fino a metri 24,38 la muratura di un pozzo avente anche il diametro di metri 15,24, e stabilito per il medesimo tunnel, sulla riva sinistra del Tamigi, a Wapping.

Allorquando gli scavi ed i rivestimenti dei pozzi per fondamenti hanno raggiunto il fondo sodo, si procede immediatamente a riempirli di muratura fino all'altezza delle imposte degli arconi, e si fanno così delle ben impiantate colonne di fondazione. La superficie poi mediante la quale gli arconi sono appoggiati alle colonne suol generalmente essere il quadrato inscritto nella loro base superiore. La figura 151 rappresenta, mediante una sezione longitudinale e la sezione orizzontale all'imposta degli archi, la fondazione a pozzi pel sostegno di un muro di uniforme spessore e di uniforme altezza; le distanze fra gli assi dei pozzi sono eguali, gli arconi sono impostati allo stesso livello e la loro monta non varia. Per costrurre detti arconi conviene tagliare il terreno giusta la superficie curva che deve affettare il loro intrados e far così senza l'impiego delle centine.

163. **Fondazioni su palificate**. — Un altro metodo che serve a raggiungere il fondo sodo, quando questo trovasi ad una discreta profondità sotto il suolo naturale, consiste: nel conguagliare il suolo riducendolo ad un piano orizzontale nella località in cui deve essere eseguita la fondazione; nel piantare per lungo e per largo delle file di grossi pali battendoli fortemente per essere sicuri che vanno a penetrare nel fondo buono; nel tagliare le teste di questi pali tutte al medesimo livello; e finalmente nello stabilirvi sopra un sistema di travi orizzontali per distendervi la piatta-forma di tavoloni, la quale unitamente alle travi ed ai pali costituisce il castello su cui va elevata la costruzione murale.

I pali si piantano ordinariamente a distanza di metri 0,80 a 1,20, giusta il loro diametro, e la pressione che devono sopportare, la quale non deve essere maggiore di 50 o tutto al più di 60 chilogrammi per centimetro quadrato; e loro si assegna un diametro che sia circa 1/24 della lunghezza, ma non minore di metri 0,18; all'estremità inferiore si terminano a punta per una lunghezza di metri 0,40 a metri 0,50, armandoli di una puntazza in ferro o in ghisa o in tola onde facilitarne la penetrazione nel terreno; ed all'estremità superiore si stringono con un robusto anello in ferro per impedire che si spacchino nel batterli sulla testa allorquando si conficcano nel terreno. — I pali, le travi ed i tavoloni della piattaforma si devono fare con legnami ben resistenti, ed ordina-

riamente si impiegano legnami di quercia o di larice rosso, ai quali si riferiscono appunto i limiti di pressione sopra riferiti di 50 o tutto al più di 60 chilogrammi per centimetro quadrato.

La figura 152, mediante la proiezione orizzontale del castello e mediante una sezione trasversale nell'intiera opera di fondamento, fa chiaramente vedere qual è il sistema generalmente adoperato nella pratica per eseguire le fondazioni su palificate. Le travi A, che devono avere il lato orizzontale della loro sezione trasversale eguale al diametro dei pali, si possono fermare alle teste di questi ultimi o semplicemente mediante lunghe caviglie in ferro (*fig.* 153), oppure, siccome viene indicato in prospetto ed in sezione secondo la linea xy dalla figura 154, con incastro a maschio e femmina. Le travi B, disposte perpendicolarmente agli architravi, sono situate in corrispondenza delle file longitudinali dei pali, e la loro connessione cogli architravi viene fatta, come lo accenna la figura 155, che dà le due sezioni secondo vx ed yz (*fig.* 152), mediante tacche talmente profonde che la parte rimanente *ab* esistente in corrispondenza di queste tacche abbia l'altezza eguale allo spessore dei tavoloni, che suol essere da 10 a 12 centimetri, onde ottenere che la loro superficie superiore e quella dei tavoloni si trovino in un medesimo piano orizzontale. I tavoloni si collocano fra le travi B inchiodandoli agli architravi, e dove occorre di congiungerli tra loro in lunghezza, bisogna avvertire che la congiunzione succeda sempre addosso a qualche architrave sul quale si chioderanno le estremità d'ambi i tavoloni, e che simili congiunzioni non s'incontrino l'una di seguito all'altra, ma che siano alternate.

La soprastruttura del castello si può anche combinare in modo diverso da quello già esposto; le travi A, che prendono allora il nome di *correnti*, si possono disporre sulle teste dei pali nel senso delle loro file longitudinali; le travi B, che con tal disposizione si dicono *traversoni*, rimangono disposte secondo la larghezza del castello di fondazione; e finalmente i tavoloni si trovano posati nel senso longitudinale. — Quando poi il peso dell'edifizio per cui si intraprende la fondazione non è molto grande, si può far notevole economia di legname nella soprastruttura del castello sopprimendo i traversoni ed inchiodando i tavoloni direttamente ai correnti e normalmente alla loro lunghezza.

Prima del posamento dei tavoloni si avrà cura, quando non basta di battere il terreno con una mazzaranga, di tor via la terra smossa per l'affondamento dei pali, e di ben riempire lo spazio che

rimane fra il terreno e la piattaforma con pietre posate a secco o meglio con un solido masso murale.

Alla soprastruttura del castello si sostituisce talvolta uno strato di calcestruzzo, nel quale si internano le teste dei pali per circa 1/2 od 1/3 della loro altezza. Nelle ordinarie circostanze questo strato di calcestruzzo deve essere alto da metri 1 a metri 2,50, ed in generale essere proporzionato al carico che deve sopportare.

164. **Preparazione dei pali per palificate.** — Affinchè facilmente possa aver luogo le penetrazione dei pali nel terreno, conviene tagliare l'estremità di minor diametro a foggia di tronco di cono avente da metri 0,40 a metri 0,50 d'altezza, e da metri 0,05 a metri 0,07 di diametro alla piccola base, ed armarla quindi di robusta cuspide o *puntazza* di ferro, di ghisa, oppure di lamiera. Se però un palo deve essere piantato in un terreno facile ed a profondità non maggiore di 2 metri, è inutile la puntazza, e generalmente torna sufficiente di tagliarlo perfettamente in punta alla sua estremità.

Le puntazze in ferro consistono in una massa conica piena, dell'altezza di metri 0,07 a metri 0,10, munita di tre o quattro branche piatte di ferro della lunghezza di metri 0,35 a metri 0,45. Queste branche sono attraversate da fori destinati a dar passaggio ai chiodi, i quali servono a fermare le puntazze ai pali. La figura 156 dà l'elevazione di un palo armato di puntazza in ferro.

Le puntazze in ghisa, di cui si ha una sezione passante per l'asse nella figura 157, constano di una scorza conica avente altezza di metri 0,20 a 0,25, e munita nel senso del suo asse di una punta quadrata *ab* in ferro, col lato di circa metri 0,03, colla lunghezza di circa metri 0,30. Questa punta porta sui suoi spigoli dei denti, i quali hanno per ufficio di far sì che un palo ritenga solidamente la puntazza allorquando la detta punta è stata infissa a colpi di mazza alla sua estremità assotigliata.

Le puntazze in lamiera hanno la medesima forma di quelle in ghisa, e formano esse delle scorze coniche coll'altezza di metri 0,30 a metri 0,40, che mediante chiodi si fissano alle estremità inferiori dei pali. Nella figura 158 si ha la sezione passante per l'asse di una cuspide in lamiera.

Per impedire poi che sotto le percosse di pesanti masse si spacchino i pali di fondazione, a forza si cinge la testa di un cerchio o viera (*fig.* 156) in ferro dolce di buona qualità, della larghezza di metri 0,06 a metri 0,08 e dello spessore di metri 0,008 a metri 0,015. Quando un palo è compiutamente affondato si leva dalla sua testa

il detto cerchio e, finchè non manifesta delle sensibili degradazioni, si fa successivamente servire per altri pali.

165. Piantamento dei pali e mezzi per effettuarlo. — Il piantamento dei pali nel terreno si fa a furia di reiterate percosse prodotte da una pesante massa denominata *maglio*, che si fa piombare da qualche altezza sopra le loro teste dopo di averli messi nella direzione secondo la quale devono essere affondati, e che consiste in un ceppo di legno duro e pesante, fortificato da robuste cerchiature in ferro, segnatamente verso la sua estremità inferiore, ovvero in un rocchio o pestone di ghisa od anche di bronzo. Vi sono dei magli destinati ad essere manovrati da uno o più uomini senza il soccorso di verun apparato meccanico, e questi diconsi *battipali semplici*, ed anche *mazzapicchi*. Ve n'ha poi altri i quali sono montati su un castello di legno con meccanismi adatti a facilitare il giuoco dell'affondamento dei pali; questi apparati si distinguono in *battipali a tiranti* ed in *battipali a scatto*, i primi dei quali si fanno funzionare a braccia d'uomini ed i secondi a braccia d'uomini, col mezzo di cavalli, col mezzo del vapore, e talvolta anche per mezzo della forza somministrata da una corrente d'acqua.

Il *battipalo semplice*, che può essere maneggiato da un sol uomo, consiste in un ceppo rotondo di legno duro, generalmente d'olmo o di frassino, del diametro di metri 0,20 a 0,25, della lunghezza di circa metri 0,40, convenientemente cerchiato in ferro alle sue estremità, e munito di un manico in legno, normale all'asse del ceppo, e con lunghezza di circa 1 metro. — Quest'apparecchio può essere manovrato da un sol uomo alla guisa di un martello, e, qualora vogliansi applicare due uomini al suo maneggio, si destinerà uno di essi a tenere il manico e l'altro a sollevare la massa pesante mediante una corda attaccata all'estremità dell'apparecchio in cui detta massa si trova. — Il suo impiego si limita a quei pochi casi in cui devonsi piantare dei pali non lunghi più di metri 1,60, ed opponenti una piccola resistenza ad essere conficcati nel terreno.

Il *battipalo semplice*, da manovrarsi da più uomini, consiste ancora in un ceppo di legno foggiato come quello or ora descritto, ma con dimensioni più grandi. Questo ceppo è generalmente munito di tre manichi lunghi circa 1 metro, i quali sono saldamente e simmetricamente inchiodati contro la sua superficie convessa in modo da fare angoli acuti eguali col suo asse. Il peso del battipalo semplice venne qualche volta portato fino a 250 chilogrammi;

l'esperienza però ha fatto vedere aversi maggior vantaggio ed ottenersi un più regolare effetto dall'impiego di un battipalo pesante 100 chilogrammi. La manovra del descritto apparecchio può essere fatta da sei operai al più, i quali in modo concorde lo solleveranno alla maggior altezza possibile per poi lasciarlo verticalmente discendere sulla testa del palo che si ha in mira di piantare. Allorquando la testa di questo palo si trova a qualche altezza al disopra della cintura degli uomini applicati al lavoro, si manovra il mazzapicchio coi tre manichi volti in basso, e si impiega invece coi tre manichi in alto quando detta testa trovasi presso a poco al livello o al disotto della cintura degli operai. — L'esperienza ha fatto vedere che l'impiego dell'apparecchio di cui si è ragionato non può convenire nel piantamento di pali presentanti una gagliarda resistenza ad essere spinti nel terreno, e che solamente può tornare vantaggioso per pali aventi lunghezza che non eccede i 2 o tutto al più i 3 metri.

Un'altra forma di *battipalo semplice* si ha saldamente inchiodando, sulla superficie convessa del ceppo e nel senso di altrettanti piani meridiani, dei manubri in numero eguale al massimo numero di operai che vogliensi impiegare nel sollevamento dell'apparecchio. Con questa disposizione però non si possono battere che pali colla loro testa non più elevata della cintura degli operai, e, volendosi adoperare per affondarne dei lunghi, sarebbe imperiosa necessità di assoggettarsi alla spesa che apporterebbe la costruzione e la manutenzione di un ponte di servizio da potersi abbassare a misura del loro affondamento.

Le macchine che chiamansi col nome di *battipali a tiranti*, consistono generalmente in un imbasamento di legname a forma di T, fatto con due pezzi a sezione rettangolare della larghezza di circa metri 0,25 e dello spessore di metri 0,15. Questi due pezzi si trovano colle loro superficie inferiori in un medesimo piano, hanno l'uno lunghezza doppia dell'altro, il più corto, che generalmente è lungo da metri 1,50 a 2, e che dicesi pezzo di coda, trovasi saldamente unito ad angolo retto nel mezzo del primo, che da taluni suolsi chiamare pezzo di fronte, e due saette servono a mantenere invariabile l'angolo che essi fanno fra di loro. Nel pezzo di fronte sono saldamente piantate due guide verticali in legno colla squadratura di metri 0,10 a metri 0,15 e coll'altezza eguale a quella del battipalo che generalmente suol essere da 4,50 a 6 metri. Queste guide, che distano da asse a asse di metri 0,15 a metri 0,20, sono rilegate alla sommità da un cappello, e sono mantenute in posizione per-

pendicolare alla superficie inferiore dell'imbasamento mediante tre gambi di forza, uno dei quali va dal mezzo del cappello all'estremità del pezzo di coda, nel mentre gli altri due, trovandosi coi loro assi nel piano degli assi delle guide e del pezzo di fronte, sono disposti fra l'estremità superiore di una guida e l'estremità corrispondente del detto pezzo. Il gambo di forza posteriore è generalmente incurvato verso la sommità, e per tutta la sua lunghezza è munito di piuoli, i quali costituiscono come una scala a mano per cui si può salire sulla cima della macchina. Il maglio, che consiste in un blocco di sezione pressochè quadrata di legno duro o di ghisa col peso di 300 a 600 chilogrammi, può scorrere contro le facce delle guide dalla parte verso la quale si colloca il palo da piantarsi, e porta lateralmente due orecchie che sono attraversate da due chiavi che impediscono al maglio di abbandonare le guide nei suoi movimenti di discesa e di salita. Talvolta il maglio porta incavate due scanalature, una su un fianco e l'altra sull'altro; le guide si spaziano allora in modo da entrare in queste scanalature della massa percuziente; e, non potendo essere piantate nel pezzo di fronte, si fermano inferiormente a due immobili traverse poste in direzione ad esso normale. Una fune, la quale si attacca per un estremo ad un anello fermato nella faccia superiore del maglio, che va ad accavalciarsi ad una puleggia di ghisa o di bronzo posta verso la sommità della macchina al disotto del cappello, e che termina all'altro capo in una vetta a vari rami, ai quali vengono distribuiti gli operai destinati a tenere in esercizio il maglio, è il mezzo per cui si mette la macchina in azione. — I battipali si impiegano collocandoli su appositi ponti di servizio, e si applicano generalmente ai tiranti da 18 a 20 uomini per magli di 300 chilogrammi, e da 35 a 40 per magli di 600 chilogrammi; oltre questi operai poi è sempre necessario un caposquadra per dirigere l'operazione e per osservare se il palo si conficca nel terreno colla voluta direzione. Uno dei tiratori deve dar il segno colla voce tutte le volte che devesi sollevare il maglio, affinchè tutti gli uomini della squadra facciano contemporaneamente forza sui diversi rami della vetta. In termini di cantiere, chiamasi *volata* l'operazione con cui si danno da 25 a 30 colpi successivi di maglio: ciascuna volata poi è seguita da un riposo che al pari di quella può durare da 2 a 4 minuti. — Quando la testa di un palo è arrivata alla superficie del suolo e che l'affondamento deve essere proseguito, si ha ricorso ad un pezzo di legno duro, detto *cacciapali*, fortificato con viere in ferro alle sue estremità di

diametro presso a poco eguale a quello del palo che si pianta, della lunghezza di 2 a 6 metri, e munito di una punta in ferro del diametro di metri 0,03 a metri 0,04, e sporgente dalla base e nel senso del prolungamento dell'asse di metri 0,20 a 0,25. Nella testa del palo che vuolsi continuare a piantare nel terreno, e secondo il suo asse si fa un foro pure della profondità di metri 0,20 a metri 0,25, in questo foro si fa entrare la punta in ferro del cacciapali il quale, battuto sulla sua base superiore dal maglio, produce l'affondamento voluto.

Le azioni che sviluppano gli operai applicati ad un battipalo a tiranti nell'atto del sollevamento del peso, per la massima parte non si esercitano verticalmente, ma bensì in direzione obliqua, per cui ciascuna di tali azioni oblique si risolve in due, una verticale e proficua, l'altra orizzontale, epperciò inutile nel produrre l'innalzamento del maglio. Quest'impiego non tutto utile degli sforzi prodotti dai tiratori, derivante dall'obbliquità dei capi componenti la vetta, è un notevole inconveniente del battipalo a tiranti che si è descritto, ed a diminuirlo si possono adottare i seguenti temperamenti; o disporre nell'apparecchio due pulegge giacenti in piani verticali convergenti verso la fronte del battipalo, e far sopportare il maglio da due funi che passino una sull'una e l'altra sull'altra di tali pulegge, e che vengano a cadere in modo da formare due vette, ognuna delle quali si suddivida poi in più capi; oppure far passare le funi a cui devono essere applicati gli operai, in una solida corona metallica o di legno affinchè vengano a pendere verticalmente. La seconda delle citate disposizioni, siccome asserisce il Borgnis, riesce utilissima, e richiede l'impiego di un numero di operai minore di 1/4 di quello che occorre nella manovra dei battipali in cui le diverse funi sono semplicemente annodate intorno alla vetta.

I castelli dei *battipali a scatto* sono formati in modo tutto analogo a quelli dei battipali a tiranti, ma con dimensioni molto maggiori, portandosi la loro altezza fino a più di 10 metri, ed impiegandosi essi pel piantamento di lunghi pali in terreni difficili ad essere penetrati. Nei battipali, di cui si sta ragionando, il maglio, il cui peso giunse in alcune circostanze fino a 1000 chilogrammi, viene sollevato da una fune che si accavalcia ad una puleggia posta alla sommità del castello, e che viene ad avvolgersi su un verricello collocato al piede dell'apparecchio col suo asse in un piano perpendicolare alla fronte. Al verricello si sostituisce talvolta un argano. Il maglio è ordinariamente disposto per rapporto alle guide come nel bat-

tipalo a tiranti, ma una volta giunto alla sommità della sua corsa cade liberamente senza trascinare seco la corda, la quale poi discende e prende il maglio, alla fine della sua corsa e dopo che ha percossa la testa del palo che si sta piantando, per nuovamente sollevarlo. Il meccanismo per cui succede il giuoco alternativo della presa e del rilascio del maglio può essere di due sorta, o richiede l'opera dell'uomo che ne promuova e ne regoli le funzioni, o agisce periodicamente per se medesimo in virtù di opportune disposizioni. Nel primo caso detto meccanismo consiste ordinariamente in un un rampino, nel secondo in una tanaglia. I battipali a scatto mossi da uomini esigono l'impiego di una squadra di sei operai al verricello, e di un capo-squadra per osservare l'affondarsi del palo e per regolare la discesa del maglio.

Il *battipali a rampino* ha ordinariamente all'estremità della fune che deve sollevare il maglio una leva con un braccio più corto dell'altro; nel braccio più corto termina a foggia di uncino ed all'estremo del braccio più lungo porta legata una funicella che può essere manovrata da un operaio che trovasi al piede dell'apparecchio. Allorquando il maglio, attaccato all'uncino della leva mediante un anello infisso nella sua base superiore, si trova al culmine della sua corsa, l'operaio che manovra la detta funicella, tirandola convenientemente, obbliga l'uncino a sortire dall'anello, ed il maglio reso così libero cade a produrre la voluta percussione sulla testa del palo. Appena fatto il colpo si gira il verricello nel senso conveniente a produrre l' abbassamento dell'estremo della fune a cui trovasi fermata la leva, e, quando questa è giunta alla fine della corsa discendente, un operaio attacca il maglio all'uncino. Allora la massa percuziente è in istato da poter essere sollevata, ed il sollevamento vien prodotto girando il verricello in senso contrario a quello secondo cui si girò per produrre l'abbassamento della fune; e quando è compiuta la corsa ascensionale, l'operaio che manovra la funicella nuovamente la tira, onde rendere libera la massa percuziente ed onde produrre un altro colpo sulla testa del palo. Continuando con questo processo si possono dare quanti colpi sono necessari a produrre l'intiero affondamento di un palo.

Nel *battipali a tanaglia*, all'estremità della fune che deve operare il sollevamento del maglio, si ha una tanaglia inserta in una cassa di ferro o di bronzo, ed infilata in un perno, che attraversa la cassa medesima, intorno al qual perno sono mobili le due branche dell'apparecchio apprensore, le cui parti inferiori al perno tendono

a mantenersi serrate l'una all'altra in virtù della forza elastica di una molla che agisce a tener lontane le parti superiori. Il maglio nel suo moto ascendente è sostenuto, perchè afferrato dalle due parti inferiori della tanaglia per un anello piantato nella sua base superiore, e, quando giunge all'apice della sua corsa, i due manichi o parti superiori delle branche della tanaglia, entrando in un'apertura circolare esistente nel cappello del battipalo, sono sforzati dalle sponde della stessa apertûra ad accostarsi l'uno all'altro; allora di necessità si aprono le parti inferiori della tanaglia, ed il maglio rimasto libero piomba a percuotere sulla testa del palo sottostante. Per far discendere la tanaglia affinchè vada di bel nuovo ad afferrare il maglio onde replicare la percossa, si gira il verricello in senso contrario a quello secondo cui convien girarlo per ottenere l'innalzamento; allora la fune, svolgendosi dal fuso del verricello per effetto del peso della tanaglia e della cassa, cade con una certa velocità sulla testa del maglio, le parti inferiori delle branche del meccanismo apprensore percuotendo sull'anello, si aprono, a motivo della forma conveniente che hanno lo afferrano, e tutto si trova in posizione da poter operare l'innalzamento del maglio per reiterare la percossa.

Onde non essere obbligati a girare il verricello in un senso per produrre l'innalzamento del maglio, ed in senso contrario per ottenere l'abbassamento della tanaglia, può valere il seguente artifizio: quella parte del fuso del verricello su cui si deve avvolgere la fune destinata a produrre il sollevamento del maglio si faccia a guisa di scorza cilindrica che, mediante opportuno ordigno, si possa rendere solidaria all'altra parte; allora, girando il verricello sempre pel verso conveniente a produrre il sollevamento del maglio, altro non si deve fare che rendere la scorza cilindrica indipendente dalla parte fissa quando si vuol produrre l'abbassamento di detta fune, perchè la tanaglia pel proprio peso farà rotare la scorza a rovescio di prima e con impeto discenderà sulla testa del maglio.

Semplice e facile è il meccanismo dei battipali a tanaglia, nei quali si nota per altro l'inconveniente di essere talvolta costretti allo spreco di forza motrice con gran rischio di detrimento nei pali per l'eccessiva violenza dei colpi, giacchè l'altezza della caduta del maglio è invariabile, e non può essere diminuita, quando anche un'altezza minore si riconosca sufficiente per produrre una percossa proporzionata alla resistenza, che il terreno oppone all'affondamento. Nei battipali a rampino quest'inconveniente non esiste, giacchè è possibile far variare l'altezza della caduta del

maglio a seconda del bisogno, potendo il rampino essere slacciato dal maglio a qualsiasi stadio della sua salita.

Per battere qualche palo in direzione diversa dalla verticale bisogna distinguere se le guide del battipalo hanno una posizione fissa, oppure se è possibile disporle obliquamente: nel primo caso è necessario di inclinare addietro tutto il castello, rialzando la parte anteriore della sua base con sottoporvi delle zeppe; nel secondo caso invece basta inclinare solamente le due guide.

I pali si portano al sito in cui devono essere affondati, o da manovali a spalla, ovvero, se sono di mole e di peso straordinario, col sussidio di veicoli opportuni: per tirarli poi in alto e per collocarli a segno, o si attacca un paranco alla sommità del castello, o si trae partito della puleggia stessa e del verricello, di cui può essere munito il battipalo, per farlo servire in qualità di capra. Il palo che deve essere rizzato si allaccia colla fune che deve produrre il sollevamento a circa un terzo della sua lunghezza, si tira ad altezza conveniente per metterlo in positura verticale, e pian piano si fa discendere fino a piantare la punta in terra. Quando questo avviene si scioglie il palo e si dà principio a batterlo.

166. Limite di rifiuto a cui si possono assoggettare i pali per palificate, affinchè non si rompano sotto le percosse del maglio. — Nell'operazione di piantare i pali, chiamasi col nome di *rifiuto* la quantità di cui un palo si affonda sotto la percossa di un maglio di peso noto, cadente da un'altezza anche nota e per una volata d'un determinato numero di colpi. Il rifiuto diminuisce a misura che il palo si affonda e col crescere della compatezza del terreno, per modo che esiste una relazione inversa fra il rifiuto di un palo e la difficoltà alla penetrazione: quando il rifiuto è piccolo, il palo si trova assoggettato a potenti azioni che all'istante della percossa si oppongono al suo affondamento; quando il rifiuto giunge ad un certo limite di picciolezza, queste azioni possono vincere la resistenza del palo, danneggiarlo e romperlo. La conoscenza del rifiuto limite è dunque della massima importanza per ottenere palificate solide, e quanto segue indica come si possa arrivare ad una determinazione approssimativa, ma sufficiente per le ordinarie circostanze della pratica.

L'esperienza ha dimostrato: che i pali senza difetti, in legno resistente di quercia o di larice rosso e col diametro di metri 0,25 sono soggetti a guastarsi per effetto dell'urto della massa percuziente, quando il rifiuto è inferiore a metri 0,01 per ogni dieci colpi dati da un maglio del peso di 600 chilogrammi cadente dal-

l'altezza di metri 3,60 ; e che a tal punto di battitura non possono essere caricati di un peso maggiore di 25000 chilogrammi, ossia di un peso che supera di poco i 50 chilogrammi per ogni centimetro quadrato della loro sezione trasversale.

Se ora si chiama :

A la superficie della sezione trasversale di un palo :
R il massimo sforzo, riferito all'unità superficiale della sezione trasversale, a cui si può esso assoggettare ;
P il peso del maglio ;
a l'altezza da cui si lascia cadere sulla testa del palo :
n il numero dei colpi dati in una volata ;
r il rifiuto che il palo presenta per effetto dell'urto prodotto dal peso P caduto sulla sua testa per n volte e dall'altezza a ;

si avrà : che il lavoro motore fatto dalla massa percuziente in un colpo è Pa ; che quello sviluppato nell'intervallo di una volata è nPa ; e finalmente che il lavoro resistente svolto dal palo è ARr. Osservando poi che nella presente quistione si ha urto e quindi perdita di forza viva, empiricamente si può dire che il lavoro resistente vale il lavoro motore moltiplicato per un certo coefficiente α, minore dell'unità, da determinarsi sperimentalmente, per modo che si avrà l'equazione

$$ARr = \alpha n P a \qquad (1).$$

Per determinare il coefficiente α possono servire i dati d'esperienza sopra riferiti, per cui, essendo $AR = 25000^{cg}$, $P = 600^{cg}$ $a = 3^{m},60$, $n = 10$ e $r = 0^{m},01$, si otterrà approssimativamente

$$\alpha = \frac{ARr}{nPa} = \frac{25000 \times 0,01}{10 \times 600 \times 3,60} = \frac{1}{86} ;$$

e quindi la formola (1) diventerà

$$ARr = \frac{nPa}{86} \qquad (2).$$

Se ora colla formola (2) si volesse trovare fino a qual limite di rifiuto sotto un maglio del peso di 300 chilogrammi cadente dall'altezza di metri 1,50 e per una volata di 25 colpi, converrebbe piantare un palo del diametro di metri 0,30, si osserverebbe che

$$A = 3,1416 \times \left(\frac{30}{2}\right)^2 = 706^{cmq},86 ;$$

e che $R = 50^{cg}, n = 25, P = 300^{cg}, a = 1^{m},30$; per cui sostituendo nella detta formola si avrebbe

$$706,86 \times 50.r = \frac{25 \times 300 \times 1,30}{86},$$

d'onde

$$r = 0^{m},0032,$$

ossia non bisognerebbe più continuare l'operazione della battitura quando nelle riferite condizioni si trova un rifiuto di metri 0,0032.

167. **Rifiuto apparente, deviazione dei pali dalla verticale e loro rottura.** — Avviene talvolta che i pali presentano un determinato rifiuto, e che questo deriva non già dalla resistenza del fondo, ma sibbene da qualche ostacolo accidentale che essi incontrano nella via o da qualche irregolarità che momentaneamente li rende restii a proseguire il loro cammino di affondamento sotto l'azione del maglio. Quando questo si verifica, si dice che ha luogo un *rifiuto apparente*, il quale non si deve generalmente ritenere come assegnante il limite della battitura, perchè quasi sempre fallace e precario. La sola pratica può somministrare lumi sufficienti a riconoscere se il rifiuto è vero o apparente, e quando si abbiano indizi che portino a giudicarlo apparente si possono usare i seguenti processi per tentare di vincere le cause da cui deriva: o ingagliardire la forza della percossa aumentando sia il peso del maglio, sia l'altezza della caduta; o sospendere per qualche istante la percussione, finchè il palo sia tornato in perfetta quiete; o finalmente affievolire la percossa per riconoscere se alle volte con tal mezzo non si riesca a far penetrare di più sotto terra un palo, che era rimasto immobile sotto più gagliardi colpi. L'ultimo paradossale espediente in parecchie circostanze si trovò utilissimo e viene riferito dallo stesso Sguazin (*Programma*, ecc., lez. XIX).

Se un palo, raggiunta una certa profondità, incontra qualche sasso nel mentre verticalmente si sta piantando, avviene: o che questo rimane infranto sotto la violenza dei colpi; o che la punta del palo, assecondando qualche faccia inclinata che presenta il sasso, continua a discendere distogliendosi dalla verticale. Quando avvenga un tale inconveniente è imperiosa necessità di costringere il palo a proseguire verticalmente il suo cammino con allacciature fermate al castello del battipalo o ad altri pali già battuti, ovvero con puntelli o con sbadacchi ritenuti da saldi punti d'appoggio; e quando si riconosce che tutti i tentativi riescono infruttuosi a raddrizzarlo,

è indispensabile di svellerlo, e di ricominciare l'operazione del piantamento, badando attentamente e che non si rinnovi l'inconveniente.

Quando avviene che un palo, all'atto del piantamento, dopo un piccolo rifiuto presenta un rifiuto maggiore, convien dire: o che ha esso attraversato uno strato di terreno duro e che si trova colla sua punta in uno strato meno tenace; ovvero che si è scheggiato sotto le percosse troppo violenti. Per riconoscere quale delle due circostanze si è verificata, si sospenda l'operazione e si dia mano a piantare alcuni altri pali in vicinanza di quello già piantato. Se questi presentano il fenomeno marcato nel primo quando si trovano presso a poco ad egual affondamento, è ragionevole il conchiudere essere vera la prima circostanza; diversamente convien dire essersi verificato lo scheggiamento nel palo per cui avvenne un gran rifiuto dopo un rifiuto piccolo, e doversi procedere alla sua estrazione per sostituirne uno nuovo.

168. **Allungamento dei pali per palificate.** — Allorquando un palo per fondazione deve raggiungere tale profondità da non essere sufficiente la naturale sua lunghezza, è necessario allungarlo mediante un palo aggiunto la cui congiunzione col primo si può fare: o, siccome lo indica la figura 159, mediante una sezione passante per l'asse dei due pali congiunti, lasciando la viera all'estremità del palo già piantato, cingendo pure di viere le due estremità del palo aggiunto, e piantando nella testa di quello secondo il suo asse un perno *ab* in ferro del diametro di metri 0,03 a metri 0,04, della lunghezza di metri 0,50 a metri 0,60 ed addentrantesi secondo gli assi per metà nell'uno e per metà nell'altro degli indicati due pali; oppure facendo la congiunzione, che viene indicata nella figura 160 mediante l'elevazione e la sezione orizzontale secondo la retta xy, e che dicesi *a croce con cerchiatura in ferro.*

169. **Strappamento dei pali.** — Quest'operazione, che è indispensabile di eseguire tuttavolta che un palo viene a deviare dalla giusta posizione all'atto del suo piantamento, quando si riconosce qualche notevole guasto, ed anche quando si sono piantati dei pali per opere provvisorie già terminate, si può condurre a compimento in diversi modi, e si farà cenno di quelli che sono d'uso più frequente nella pratica.

Innanzi tutto per poter assoggettare un palo da svellersi dal terreno all'azione di una macchina divulsoria, è necessario trovar mezzo di allacciare la testa di questo palo con funi o con catene per poi legarlo alla macchina medesima. Il mezzo più opportuno è quello di forarlo diametralmente a bastante distanza dalla sua

sommità, affinchè non si rompa sotto la forte trazione che si deve produrre all'atto dello svellimento, e di infilare nel foro un paletto di ferro ai di cui estremi sporgenti si possa attaccare la fune o la catena. — Invece del descritto metodo si può infilare nel palo un collare di ferro fatto con verga rettangolare, munito di graffi, ed avente un diametro alquanto maggiore di quello del palo medesimo: tirando la fune o la catena a cui il collare è unito, vien esso a disporsi obliquamente, i suoi spigoli unitamente ai graffi intaccano la superficie del palo, e la stessa forza traente necessaria ad operarne lo strappamento serve a fare in modo che il collare non si possa staccare.

Il più semplice dei mezzi, che si possono impiegare per lo strappamento dei pali, consiste in una robusta leva costituita da una trave o da un fusto di legno forte, lunga da 10 a 12 metri. Questa leva si pone su un appoggio formato con un pezzo di legno ben duro e collocato a circa 1 metro di distanza dall'estremo del palo da estrarsi; al suo braccio più corto si lega la fune o la catena d'allacciamento; ed all'estremità del braccio più lungo si applicano quattro, cinque e talvolta anche otto uomini, i quali, operando per scosse, arrivano generalmente a produrre il voluto svellimento.

Invece della sola leva si può adottare una sua combinazione col verricello. Prendasi perciò una robusta leva della lunghezza di 7 a 10 metri; si stabilisca il suo punto d'appoggio alla distanza di metri 0,60 a metri 0,80 dall'asse del palo che hassi in mira di estrarre; drizzando il più che si può la leva, si attacchi un uncino posto all'estremo del suo braccio minore alla fune o alla catena che cinge la testa del palo; all'estremo del braccio più lungo si leghi una fune che vada ad avvolgersi su un verricello; e, girando questo, si produca l'abbassamento dell'ultimo indicato braccio. Allora evidentemente si solleverà l'estremo del braccio più corto della leva e con esso il palo.

L'estirpazione di un palo può anche essere effettuata mediante due verricelli disposti coi loro assi paralleli, in piani verticali differenti e l'uno più in alto che l'altro. Al verricello più alto si avvolga la fune la quale venne allacciata al palo che hassi in mira di estrarre: all'estremo d'un aspo piantato coll'altro estremo in questo verricello si leghi una fune che vada ad avvolgersi al verricello più basso; e finalmente mediante un secondo aspo si metta in movimento questo verricello in modo da avvolgere su esso la fune. Evidentemente succederà un accorciamento nel tratto di fune che dal verricello più basso va all'estremo dell'aspo del verricello

più alto: un abbassamento dell'estremo di detto aspo; una rotazione del verricello più alto; un avvolgimento su esso della fune che va al palo; e quindi il sollevamento del palo medesimo.

Il Belidor (*Architecture hydraulique*, parte II, lib. I, cap. VI) indica diversi mezzi per l'estrazione dei pali, ed è rimarchevole il seguente. Nel foro centrale del coperchio di una robusta armatura o cavaletto a quattro gambe si faccia passare una vite che porta infilato un dado o madre vite, la quale appoggia superiormente a detto coperchio; si attacchi la fune o catena che allaccia l'estremità del palo da estrarsi all'estremo di detta vite; e mediante quattro robusti e lunghi aspi si faccia girare il dado. Avverrà allora che s'innalza l'estremo della vite e che seco solleva il palo. — Nel descritto meccanismo si sviluppa un considerevole attrito fra la superficie inferiore del dado e la superficie superiore del coperchio, e pare che potrebbe esso diventare più vantaggioso qualora si rendesse immobile la vite e mobile invece la madrevite al di sotto del coperchio, alla quale bisognerebbe allora fermare la fune o catena che va ad avvolgersi alla testa del palo.

Una macchina, che il Borgnis suggerisce siccome la migliore di qualsiasi altra nell'estirpazione dei pali, è il verricello differenziale (num. 146). Questa macchina si colloca al di sopra del palo da estrarsi, si pone una puleggia mobile sulla sua fune, all'uncino di questa puleggia si attacca la fune o la catena del palo da estrarsi, e mediante due aspi, uno posto all'estremo e l'altro all'altro estremo del fuso si produce l'innalzamento della puleggia e quindi del palo ad essa attaccato.

Qualche volta si adottò lo spediente di attaccare una puleggia mobile alla fune o catena avvolta alla testa del palo in modo che la puleggia medesima non venisse ad insistere verticalmente sulla testa del palo, ma sibbene che rimanesse verso un lato; di fermare ad un punto fisso un capo della fune destinata a sostenere la puleggia mobile, di far passare l'altro capo su una puleggia fissa per mandarlo ad avvolgersi su un verricello; di girare il verricello per tendere la fune; e di dare un colpo di maglio sulla testa del palo. La fune, istantaneamente distesa per la percossa prodotta, sviluppa una potente reazione elastica, la quale soventi basta a dare un vantaggioso spostamento del palo, per cui facilissima risulta dopo la sua estrazione. — Sonosi costrutti dei battipali che servono ad ottenere l'estrazione dei pali col metodo ora indicato: verso la sommità di una guida portano un anello a cui si può legare l'estremo fisso della fune portante la puleggia mobile;

hanno la puleggia fissa destinata al rimando dell'altra parte della fune al verricello sulla sommità del cappello; ed il verricello presso l'imbasamento della macchina.

Le resistenze da superarsi nell'estrazione dei pali provengono dall'attrito che si sviluppa alla loro superficie per il terreno che li circonda; dalla pressione che esercita il terreno compresso, e, quando i pali si trovano da molto tempo affondati, dalla coesione che la loro superficie contrae col terreno circostante. Per facilitare l'estrazione di un palo conviene, durante l'operazione, percuoterlo lateralmente, e, quando già da molto tempo si trova conficcato nel terreno, dare qualche colpo di maglio sulla sua testa, onde distruggere la coesione che la sua superficie può aver contratto colle molecole terree. Quando poi il palo è già sollevato per una certa altezza, bisogna portare l'allacciatura in un punto più basso onde poter continuare la manovra dell'apparato divulsorio.

170. Recisione dei pali di palificate ad un medesimo livello. — In conformità di quanto si è detto al numero 163, la piattaforma delle fondazioni su palificate deve essere stabilita sulle teste dei pali tutte ridotte in uno stesso piano orizzontale, e perfettamente spianate a livello. Per fare quest'operazione, una volta stabilito sulla superficie convessa di un palo un punto determinante il piano orizzontale secondo il quale tutti devono essere recisi, si dia un colpo di livello su questo punto determinando la quota, e quindi, sulle superficie convesse di tutti gli altri pali e senza spostare il livello, si determinino dei punti di egual quota. Colla sega ordinaria o colla mannaia si passi dopo alla recisione facendo passare i tagli pei punti determinati, come or ora si è detto.

171. Assodamento di un fondo compressibile mediante una compressione artificiale. — Onde correggere l'indole cattiva di un fondo compressibile può, per alcune specie di terreni cedevoli, valere il semplicissimo processo di comprimerlo a più non posso, battendolo con pesanti magli, finchè sia calato a tal segno e portato a tal grado di compattezza che nuovi colpi riescano vani a renderlo più consistente. Il Rondelet riferisce di aver visto applicato con buon successo il riferito espediente, facendo uso nell'operare la compressione di un mazzapicchio pesante 50 chilogrammi e forato inferiormente, il quale veniva maneggiato da due uomini; il Borgnis dice non essere andati soggetti a rilevanti alterazioni molti edifizi eretti in Venezia nel secolo decimo quarto o anteriormente, su un'ampia base murale stabilita su un fondo cattivo, in cui si ravvisano segni non equivoci d'un anticipata artificiale

compressione; ed in generale si è riconosciuto che la battitura del suolo, fatta con mezzi più o meno energici giusta la densità, la grossezza degli strati da comprimersi ed il peso della costruzione da elevarsi, può in molti casi produrre dei grandi vantaggi, risparmiare scavi e fondamenti profondi, e poter sostituire mezzi di solidificazione dispendiosi e di difficile esecuzione.

A Tolone, nel fondare una parte dell'ospedale di Saint-Madrier, si prese il partito di comprimere il suolo, che era cedevolissimo, con un maglio del peso di 400 chilogrammi piombante sopra un tavolone della totale larghezza dell'impianto dei fondamenti; di battere ad uno ad uno i grossi massi di pietrame digrossato posti sul terreno compresso; e di mazzarangare la muratura soprapposta, filare per filare, con un pestello pesante 50 chilogrammi, e dopo l'addossamento e la battitura della terra.

In alcune circostanze si ottenne una sufficiente compressione artificiale, caricando la superficie di fondazione col materiale da impiegarsi nell'elevazione dell'intiera fabbrica progettata, o con tante pietre da avere un peso quasi eguale a quello di detto materiale, e lasciando il terreno per qualche tempo sotto l'azione di questo carico.

172. Costipamento di un fondo compressibile mediante pietre. — Quando il terreno compressibile è di tal natura da non acquistare sufficiente compattezza sotto l'azione della percussione di pesanti magli, bisogna procurare di raggiungere lo scopo cacciandovi a forza dei corpi che valgano a renderlo più denso e per conseguenza meno cedevole. Le pietre sono i corpi che più economicamente si prestano per tale oggetto, ed il loro impiego può essere fatto in questo modo: ridotta ad un piano orizzontale la superficie del fondo da costiparsi (la qual superficie deve sempre essere più ampia della costruzione che sopra si vuol fare), si distendano su esso e per quanto si può uniformemente delle pietre comunque irregolari disposte colla loro dimensione massima verticale; a forza di mazzaranga si conficchino queste pietre nel terreno; e si continui l'operazione fino a raggiungere un sufficiente grado di resistenza. Non si può dire qual sia la quantità delle pietre da impiegarsi per ogni unità superficiale di fondo compressibile, ma solo si può asseverare che detta quantità cresce colla compressibilità del suolo e col peso dell'edifizio che deve questo sopportare.

173. Costipamento di un fondo compressibile mediante pali. — Un altro mezzo adatto a far prendere consistenza ad un fondo compressibile, consiste nell'operare il condensamento del terreno

mediante il piantamento di un sufficiente numero di pali della lunghezza di 2 a 3 metri e piantati col loro capo più grosso in basso, affinchè dalla reazione del terreno non vengano rincacciati allorquando si opera per piantarne dei nuovi in loro prossimità. Quest'operazione di costipamento si compie: incominciando dal segnarsi un perimetro assai più ampio di quello dell'opera che vuolsi elevare; battendo i pali per file regolari con distanza di metri 1,50 a 2, ed incominciando dalle file perimetrali per venire alle centrali finchè giungano colle loro teste a fior di terra; e continuando a piantare nuovi pali fra quelli già conficcati, fino ad ottenere nel terreno un tal grado di condensamento che non possa più comprimersi sotto il peso che sopra vi deve gravitare. Di mano in mano che va crescendo il numero dei pali già affondati, cresce la difficoltà che s'incontra a piantarne dei nuovi, e si può essere sicuri di aver raggiunto il massimo grado di costipamento quando gli ultimi pali piantati presentano il limite di rifiuto (num. 166). Il sistema di costipare i terreni compressibili mediante pali, venne seguito in molte circostanze, ed i due ponti di Mâcon e di Châlon costrutti in Francia sulla Senna, di cui dà ragguaglio il Gauthey (*Traité de la construction des ponts*, lib. IV, cap. I), sono due opere rimarchevoli che già da molto tempo sussistono, tuttochè piantati su un fondo compressibile somplicemente costipato mediante il piantamento di pali.

174. **Costipamento di un fondo compressibile col calcestruzzo, colla malta o colla sabbia.** — Con un palo o fusto in legno a superficie laterale ben levigata, della lunghezza di metri 1 a 1,60, del diametro di metri 0,18 a 0,25, guernito di una viera in ferro alla sua estremità di maggior diametro e di una puntazza all'altra estremità, e traforato di poco al disotto della viera onde essere attraversato da un paletto di ferro, si facciano dei fori nel terreno piantando detto palo a colpi di maglio, girandolo di mano in mano che si affonda e quindi estraendolo. I detti fori si riempiano di calcestruzzo, che si avrà cura di battere fortemente di mano in mano che vien messo in opera, e si stabiliscano così tanti di questi pali in calcestruzzo fino ad ottenere il voluto costipamento. Invece del calcestruzzo si può adoperare della malta idraulica, e nei terreni costantemente asciutti può bastare l'impiego della sabbia.

175. **Uso dei grandi imbasamenti per fondare su terreni non molto compressibili.** — Trattandosi di fondare dei muri che vanno elevati ad un'altezza non troppo grande e che non sono destinati ad opere di prima importanza, può bastare di ingrandire

l'imbasamento delle fondazioni in modo che la pressione che si viene a ripartire su ogni unità superficiale del fondo compressibile, ridotto orizzontale, sia tale da non essere capace di farlo sensibilmente cedere, o almeno tale da produrre cedimenti uniformi. Per ottenere un sufficiente ingrandimento nell'impianto di una fondazione murale bisogna generalmente, siccome lo dimostra la figura 161 mediante una sezione trasversale, fare una o più riseghe nei suoi strati inferiori, e comporre questi con pietre grandi e ben larghe e non sporgenti più di metri 0,05 a metri 0,10, affinchè ogni pietra sia per la maggior parte abbastanza conficcata nel nucleo del masso in muratura ed in posizione conveniente a ben trasmettere inferiormente il carico che sopporta.

Presentandosi il caso di un suolo, che non ostante tutte le cautele prese per renderlo uniformemente compressibile, si mostri in alcuna parte più cedevole che in alcune altre, bisogna fare il primo filare del muro di fondazione con pietre di grandi dimensioni, di molta durezza e digrossate; perchè allora ciascuna pietra trasmette il carico della parte di muro che sostiene a tutta l'estensione di terreno ad essa sottoposta, ed in qualche modo rende dipendenti l'uno dell'altro tutti i punti di quell'estensione.

176. **Fondazioni con archi rovesci.** — Leon Battista Alberti fu il primo ad insegnare l'impiego degli archi rovesci nelle fondazioni, i quali furono poscia adottati da molti valenti ingegneri in costruzioni di alta importanza, vuoi per economizzare in muratura, vuoi per solidamente stabilirsi sopra un fondo di non sicura consistenza. Questo metodo di fondazione, siccome lo indica la figura 162 mediante una sezione longitudinale dell'opera, consiste: nello scavare il terreno fino ad una certa profondità onde ottenere un fondo orizzontale; nel comprimere questo fondo in modo che per quanto si può risulti di uniforme consistenza; nell'erigere i pilastri P; nel collegarli alla loro base mediante gli archi rovesci A che direttamente vengono ad appoggiare sul suolo; nel riempire con terra gli spazi che rimangono fra un pilastro e l'altro; nello stabilire direttamente sopra i pilastri gli imbasamenti di colonnati, se è tale lo scopo della costruzione; nel collegarli superiormente con archi diritti A′, se è quistione di sopra elevarvi un muro continuo. Per l'indicata disposizione si ottiene, che il carico della sovrastante costruzione si ripartisce uniformemente su tutta la striscia di terreno che è coperta dalle basi dei pilastri e degli archi rovesci; cosicchè alla cedevolezza del fondo viene contrapposto un rimedio, analogo a quello dei grandi imbasamenti, avente per iscopo di ripartire la

totale pressione su ampia base onde avere una pressione piccola sull'unità superficiale.

177. Fondazioni su zatterone di legname con o senza piattaforma. — Consiste questo sistema di fondazione nello stabilire su una superficie orizzontale assai più ampia della base del muro che vuolsi edificare una graticola composta, siccome lo indica la figura 163 mediante una proiezione orizzontale, di travi longitudinali L e di travi trasversali T, di metri 0,20 a metri 0,35 di squadratura; connessi *a coda di rondine*, ossia nel modo indicato dalla figura 164 rappresentante la sezione nel senso *vx*, colle travi longitudinali primetrali; ed *a mezza grossezza*, ossia come appare dalla figura 165 che è una sezione nel senso *yz*, nelle incrociature. Occorrendo di impiegare travi trasversali che non siano sufficientemente lunghe da potersi estendere dall'una all'altra delle due travi longitudinali perimetrali, si fa il prolungamento su una delle travi longitudinali come si vede in A (*fig.* 163); e qualora sia necessario di comporre con due o più parti le travi longitudinali, si farà la connessione *a dente semplice in isquadro* (*fig.* 166), o l'altra che appare di fianco ed in posizione orizzontale dalla figura 167, e che vien detta *a doppia coda di rondine*. Gli spazi che rimangono fra le travi componenti il zatterone si riempiono o con terra argillosa o con pietre o con muratura o con calcestruzzo, ed il tutto si ricopre ordinariamente con un tavolato che prende il nome di *piattaforma*, e costituito da tavoloni della grossezza di metri 0,10 a metri 0,12.

Alcuni costruttori sono d'avviso che la piattaforma sia piuttosto nociva anzichè utile, perchè senza tale coperta la base della muratura che sopra deve essere stabilita non riesce liscia, e quindi non soggetta a quello scorrimento cui potrebbe trovarsi esposto il fondamento, qualora, per l'ineguale cedevolezza del suolo, venisse il zatterone ad inclinarsi più da una parte che dall'altra: altri poi oppongono che la piattaforma, essendo inchiodata al zatterone, concorre a tenere più solidamente riunito il sistema. Questi due procedimenti hanno differenti vantaggi e le sole circostanze locali possono portare a decidere quale dei due sia preferibile in ogni caso particolare.

Di mano in mano che la fabbrica va elevandosi al di sopra del zatterone, il terreno sottoposto si assoda e, giunta la forza comprimente ad un certo grado d'intensità, acquista quel massimo grado di assodamento, a cui per sua natura si può ridurre, dopo di che cessa affatto di muoversi. Se questo cedimento si fa in modo

uniforme, cioè in modo che la superficie del zatterone si conservi orizzontale, nessun inconveniente può derivare nell'edifizio che sopra si va costruendo; diversamente possono avvenire dei grandi danni e delle conseguenze, se non funeste, almeno di aggravante riparazione. Onde ottenere che il cedimento del terreno si faccia con uniformità conviene elevare la costruzione in modo che per tutto progredisca egualmente, ed in generale risulta opera molto prudenziale quella di caricare uniformemente il zatterone di un peso almeno eguale a quello dei muri che si devono costrurre, e di lasciare questo peso finchè, in seguito ai ripieghi presi per ovviare agli sconci avvenuti, più non si manifestino dei cedimenti.

178. Fondazioni su una platea di calcestruzzo o di muratura. — Il calcestruzzo, sostanza capace di solidificarsi in una sol massa di considerevole lughezza e larghezza, posto in opera sopra un fondo cedevole ridotto orizzontale, su una base assai più ampia di quella dell'opera che deve sopportare e in uno strato di sufficiente grossezza, dopo la lapidificazione, forma come una piattaforma in un sol pezzo atta a scompartire gli effetti della gravità ancora più equabilmente di quello che possono fare i zatteroni di legname. Quando i muri di un edifizio sono poco distanti l'uno dall'altro, conviene stabilire la platea di calcestruzzo su tutto l'impianto della fabbrica; quando invece detti muri sono molto distanti torna economico e fors'anche conveniente di limitare la parte di calcestruzzo ai soli muri, assegnandole però una base assai più ampia di quella dei muri stessi: le grandi platee di calcestruzzo caricate da forti pressioni in luoghi molto distanti fra di loro, e non aventi una grossezza proporzionata alla loro estensione, sono soggette a rompersi in più siti, sia per effetto della gravità che agisce solamente in alcuni punti, sia per effetto del restringimento che il calcestruzzo manifesta nel solidificarsi e che suol essere notevole nelle masse molto estese. — La grossezza da assegnarsi alle platee di calcestruzzo dipende principalmente dal peso che devono esse sopportare: allorquando vengono fatte per edifizi bassi e di piccolo peso può bastare uno spessore di metri 0,40; conviene portarlo fino ad oltre 2 metri per costruzioni molto alte e di considerevole peso.

Invece delle platee generali di calcestruzzo si possono anche fare delle platee in muratura; queste però, che con esito felice vennero impiegate in alcune vecchie costruzioni di Venezia, sono molto dispendiose e ben di rado si vedono applicate dai moderni costruttori.

179. Fondazioni su una platea di sabbia. — L'incompressibi-

lità di cui sono dotati i grani di sabbia e l'osservazione dei vôlti resistenti che in essa si formano allorquando leggiermente umida si pone in una cassa sul cui fondo si fanno dei fori non molti ampi, rendono la sabbia una sostanza preziosa ed in pari tempo di economica applicazione nelle fondazioni sui terreni compressibili. L'impiego della sabbia si fa preparando mediante opportuni scavi un'incassatura assai più ampia della base della costruzione da elevarsi e col suo fondo orizzontale, distendendo della sabbia umida in quest'incassatura per cordoli ben battuti, dell'altezza di metri 0,15 a metri 0,20, e formando uno strato avente altezza non minore di metri 0,60. La sabbia così disposta serve a ripartire uniformemente sul terreno cedevole il peso della costruzione che sopr'essa va elevata, e disimpegna lo stesso ufficio dei zatteroni e delle platee di calcestruzzo. — Talvolta si bagnano con latte di calce i diversi cordoli formanti le platee generali di sabbia.

180. Stabilimento delle fondazioni su terreni compressibili e paratie di cinta. — I diversi sistemi di fondazione su terreni compressibili, fin qui esposti, in generale non si applicano isolatamente, ma sibbene, a seconda delle circostanze locali e dell'importanza delle opere da fondarsi, si ha ricorso all'impiego simultaneo di alcuni di essi. Volendosi fondare con grandi imbasamenti, con archi rovesci, con zatteroni e con platee generali di calcestruzzo, di muratura e di sabbia, si sottopone generalmente il fondo ad una compressione artificiale; avendosi preso il partito di consolidare il terreno con pali in legname, si cerca soventi di aumentarne la compatezza impiegando delle pietre conficcate negli spazi lasciati fra un palo e l'altro; e non di rado si stabilisce su essi un zatterone oppure una platea generale; dopo di avere costipato il terreno mediante pali di calcestruzzo, si usa quasi sempre stabilire su esso una platea del medesimo materiale oppure di sabbia: e prima di stabilire le platee generali di calcestruzzo o di muratura, si pratica comunemente una platea formata di buona terra ben battuta oppure di sabbia.

Nei terreni cedevoli, e principalmente in quelli forniti di una certa liquidità, tendono a manifestarsi delle espansioni laterali sotto il carico di pesanti edifizi, ad impedire le quali sono dirette le paratie in legname, con cui ben soventi si cingono e si fortificano i zatteroni e le platee generali.

Queste paratie, siccome lo indica la figura 168, mediante una sezione trasversale e la proiezione orizzontale, sono costituite da pali P ben affondati nel terreno in tutti i vertici e lungo il peri-

metro dell'area da cingersi a distanza di circa 2 metri l'uno dall'altro, e rilegati fra loro da una filagna F, contro la quale appoggiano e sono inchiodate delle palanche, o assi-pali, saldamente conficcate nel terreno con battipali semplici o con battipali a tiranti, ed unite fra loro costa a costa. I prolungamenti delle filagne si fanno unendole sulle teste dei pali, o tagliando le estremità che devono trovarsi in contatto siccome lo dimostra la figura 169 in proiezione orizzontale, o adottando la connessione *a dente semplice in isquadro* rappresentata in proiezione orizzontale nella figura 170. Sugli angoli poi vien fatto il collocamento di due filagne attigue, come in proiezione orizzontale appare dalla figura 171: se vuolsi che le due filagne F ed F_1, siano talmente disposte da trovarsi la superficie inferiore dell'una sulla superficie superiore dell'altra, il che non importa inconvenienti, non si opera su esse taglio alcuno; se poi vuolsi che le due filagne presentino le loro superficie superiori in un medesimo piano orizzontale, conviene tagliarle a metà grossezza.

Più di frequente le paratie si fanno con due filagne F ed F' (*fig.* 172), fra le quali sono ritenute le estremità superiori delle palanche. In questo caso i prolungamenti delle filagne collocate in una medesima fila si fanno come sopra si è detto, e come venne indicato nelle figure 169 e 170; in quanto poi al modo di congiungere le filagne coi pali d'angolo, torna generalmente utile la disposizione rappresentata nella figura 173, in cui si può intendere che le filagne disposte in una direzione siano più alte di quelle disposte nella direzione contigua, oppure che, incastrate fra loro a metà grossezza, si trovino colla loro superficie superiore in un medesimo piano orizzontale.

181. Fondazioni su pali a vite. — Un sistema di fondazioni, che già da oltre trent'anni viene adottato in Inghilterra, nell'America e nelle colonie di questi due paesi, che frequentemente venne raccomandato ed applicato dai più eminenti costruttori inglesi; Brunel, Cubitt, Stephenson, ecc., che riesce di celere, economica e semplice applicazione nei terreni sabbiosi, argillosi, melmosi, ecc., è quello con *pali a vite* inventati da Alessandro Mitchell, ingegnere civile a Belfast.

I pali a vite consistono in cilindri di legno, di ferro o di ghisa, muniti alla loro parte inferiore da una vite ridotta ad avere poche spire, il cui giro superiore si svolge in un disco piatto che talvolta arriva persino ad avere un diametro di oltre metri 1,20. I pali a vite sono pieni o vuoti, quelli in legno sono sempre pieni,

e possono essere vuoti quelli metallici. Le viti sono cilindriche o coniche, generalmente di ghisa e qualche volta di ferro battuto. Le viti cilindriche servono pei terreni poco consistenti; le viti coniche s'impiegano in quelli che presentano maggior resistenza. Le viti non possono attraversare la rocca compatta; ma a cagione del loro svolgimento elicoidale, possono aprirsi il passaggio fra le pietre ed i ciottoli di mezzana grossezza che facilmente spostano; sono atte a perforare le pietre tenere; e, salvo poche eccezioni, possono essere utilmente impiegate nei porti, nelle vallate, nei lett dei fiumi, e dove s'incontrano terreni i quali non contengono che rocce di trasporto in masse isolate. Le dimensioni e le disposizioni da adottarsi nel dettaglio delle viti dipendono dalla natura del terreno che devono attraversare, dal peso che i pali devono sostenere, e dallo scopo dell'edifizio in cui vengono messe in opera.

Nella figura 174 è rappresentato un palo pieno in ferro con vite in ghisa, utile per fondazioni di gettate, di ponti, di viadotti, e per analoghe costruzioni; il diametro del palo può essere di metri 0,08 a metri 0,12, e di circa metri 0,45 a metri 0,65 quello della spira elicoidale. Nella figura 175 si ha la rappresentazione di un altro palo pieno in ferro pure con vite in ghisa, e di forma conveniente alle circostanze in cui conviene impiegare pali di diametro preso fra metri 0,15 e metri 0,20: il diametro della spira può essere portato in tal caso fino a metri 1,20. Nella figura 176 si dà la rappresentazione di un terzo palo pieno pure in ferro munito di una vite a succhiello, e conveniente per le circostanze in cui si devono attraversare degli strati di pietra tenera: il diametro del palo può essere ordinariamente assunto di metri 0,12 a metri 0,20 e di metri 0,50 a metri 0,70 quello della vite. La figura 177 fa vedere un palo vuoto in ghisa munito alla sua estremità inferiore di una vite conica: nelle ordinarie circostanze si può assumere come variabile fra metri 0,20 e metri 0,30 il diametro di un palo dell'indicata forma, e siccome oscillante fra metri 0,40 e metri 0,65 quello massimo della vite conica. Quando trattasi di fondare in un terreno dotato di una certa liquidità, in un terreno melmoso ed in un terreno cedevole, si può adoperare un palo vuoto con vite cilindrica senza punta, qual è quello rappresentato nella figura 178: il diametro di un palo siffatto si può anche prendere da metri 0,20 a metri 0,30, e da metri 0,60 a metri 0,90 quello della vite. Le figure 179, 180 e 181 sono destinate a far vedere quali disposizioni furono usate per armare di puntazze a vite in ghisa i pali di legno, che vennero adoperati

in parecchie opere d'arte: il diametro di pali in legno si assume ordinariamente fra metri 0,20 e metri 0,35, e di metri 0,40 a metri 0,65 il diametro massimo della vite conica di cui sono munite le puntazze.

I pali a vite sufficientemente affondati nel terreno, più dei pali ordinari di fondazione, presentano una notevole resistenza alla compressione, a motivo delle spire della vite che si allargano a comprimere su una base molto ampia; e, piantati in modo che le loro teste siano allo stesso livello, meglio dei pali ordinari si prestano a reggere un sistema di travi con piattaforma ed il peso di una sovrastante costruzione. I pali a vite, affondati ad una certa profondità, si rompono anzichè lasciarsi estrarre per trazione, e quindi si prestano benissimo siccome potenti mezzi d'ormeggio.

182. Piantamento ed estrazione dei pali a vite. — Quest'operazione vien fatta coll'aiuto di un manicotto in ferro o di una testa d'argano esattamente applicata alle estremità superiori dei pali che vogliónsi piantare. Nei casi ordinari gli uomini agiscono direttamente sulle stanghe infisse nella testa dell'argano, operano a produrre in senso opportuno la rotazione dei pali e per conseguenza la loro penetrazione nel terreno.

I pali di legno armati di puntazze a vite presentano delle gravi difficoltà per essere affondati nei terreni resistenti, e per essere portati a grandi profondità, giacchè la torsione, che necessariamente bisogna far subire al legname nel produrre la rotazione sopra indicata, soventi produce delle fenditure per staccamento longitudinale delle fibre. Sembra potersi ovviare all'accennato inconveniente, ponendo il palo in legno da piantarsi in un tubo di lamiera in ferro, operando direttamente la rotazione su detto tubo la quale per conseguenza vien anche comunicata al palo in esso contenuto con penetrazione della sua vite, ritraendo il tubo quando il palo abbia raggiunta la profondità voluta, e facendo poscia servire lo stesso tubo per il piantamento di quanti altri pali si vogliono.

L'estrazione dei pali a vite stati piantati per opere provvisorie, e di quelli che male si affondarono, vien fatta colla massima semplicità, girando le stanghe infitte nel manicotto o testa d'argano fissata all'estremità superiore del palo da estrarsi pel verso contrario a quello secondo il quale si produsse la rotazione onde ottenere l'affondamento.

ARTICOLO III.

Fondazioni idrauliche.

183. **Fondazioni mediante ture.** — Le *ture* altro non sono che specie d'argini fatti nel letto di un fiume, di un lago, del mare, mediante le quali si circonda uno spazio designato, affinchè, estrattane con opportuni mezzi di prosciugamento l'acqua racchiusa, non che quella che di mano in mano si va introducendo per filtrazioni, possano gli operai compiere una data opera lavorando all'asciutto sotto il livello del fluido circostante.

Le ture si impiegano sovente nell'esecuzione di fondazioni idrauliche allorquando l'altezza dell'acqua non è molto considerevole, e con tal mezzo si arriva a mettere in asciutto il fondo sul quale devesi fondare e conseguentemente a poter lavorare come si è detto per le fondazioni comuni. Così si praticò in molti grandiosi, ponti italiani, e valga per tutti il ponte sul Po presso Valenza lungo la strada ferrata d'Alessandria ad Arona, in cui si fondò con una platea di calcestruzzo, cingendo prima con ture il luogo di stabilimento ed esaurendo l'acqua in esse contenuta.

Allorquando devonsi eseguire delle opere di fondamenti in acque con altezza non eccedente 1 metro, si possono semplicemente costrurre le ture in terra, disponendole con una scarpa conveniente tanto verso l'interno quanto verso l'esterno dello spazio da recingersi.

Nel caso che l'altezza dell'acqua si elevi di oltre 1 metro, senza però raggiungere metri 1,50 al di sopra del piano di fondazione, il quale, secondo le circostanze del fondo, si fissa a maggiore o minore profondità sotto la superficie coperta dalla massa liquida, si può costrurre la tura in legname e terra colla disposizione che in sezione longitudinale ed in sezione trasversale viene in parte rappresentata nella figura 182. I pali P, che hanno ordinariamente il diametro variabile da metri 0,20 a metri 0,25, si piantano ben allineati sul perimetro della tura a distanza di 1,50 a 2 metri l'uno dall'altro, e si figgono nel terreno per una profondità i cui limiti si possono pur fissare fra 1,50 e 2 metri. Contro detti pali si inchiodano dei tavolati T, composti di tavoloni dello spessore di metri 0,08 a metri 0,10, uniti costa a costa, e collegati da traverse chiodate, le quali in opera si trovano in positura verticale. I tavolati sono di tali dimensioni da venir a congiungersi

uno con l'altro all'incontro d'un palo con semplice soprapposizione o ingambellatura alternata delle loro estremità. La terra finalmente vien posta a ridosso del tavolato disponendola in modo da presentare superiormente una specie di marciapede *ab* e lateralmente una conveniente scarpa *ac*.

Se l'altezza dell'acqua al disopra del piano di fondazione eccede metri 1,50, conviene generalmente, siccome appare dalla figura 183 che rappresenta una sezione longitudinale ed una sezione trasversale dell'opera, comporre la tura con due recinti di legname conformi a quello testè descritto, religati fra loro da catene orizzontali C, ciascuna delle quali si trovi fermata alla testa di due pali che si corrispondono uno incontro all'altro negli indicati recinti, e destinati a sostenere la terra fra essi collocata per ricolmare lo spazio che comprendono. Le catene consistono generalmente in travicelli colla squadratura compresa fra metri 0,15 e metri 0,20, e talvolta anche in travi della squadratura di metri 0,25.

Allorquando avviene, che per essere di sabbia o di ghiaia i primi strati del terreno, sono a temersi delle filtrazioni abbondanti al di sotto del riempimento in terra formante il corpo della tura, invece di fare i tavolati che si inchiodano contro i pali, conviene, siccome lo indica la figura 184 in sezione longitudinale ed in sezione trasversale, disporre due ordini F ed F′ di filagne contro i pali P, battere contro queste degli assi-pali o palanche ben unite costa a costa, ed assicurarle mediante chiodi che, attraversando due ordini di contro filagne F_1 ed F'_1, vanno a passare nelle palanche stesse e nelle filagne. Per consolidare il sistema si possono rilegare le teste dei pali mediante travi longitudinali L, sulle quali s'incastrano le catene trasversali C. Le palanche, che generalmente hanno grossezza di metri 0,10 a metri 0,12, si conficcano nel terreno fino a trovarsi colla loro estremità di qualche decimetro sotto gli strati permeabili per cui possono farsi strada le abbondanti filtrazioni. La squadratura delle travi longitudinali L e quella delle catene trasversali C, si può ritenere variabile fra metri 0,20 e metri 0,25; e lo spessore delle filagne si può mediamente assumere di metri 0,12. Occorrendo di dover impiegare pezzi diversi nella formazione di una lunga filagna, si adotterà nel loro congiungimento l'unione *a dente semplice in isquadro* (*fig.* 166).

La terra conveniente al riempimento delle ture è quella che si mostra facile a prendere consistenza entro l'acqua, e principalmente quella ben mondata di qualità argillosa.

Per rapporto alla grossezza da assegnarsi alle ture della forma

di quelle rappresentate dalle figure 183 e 184, si adopera generalmente dai pratici la regola di dar loro una grossezza eguale all'altezza dell'acqua che contro vi si appoggia finchè quest'ultima non è maggiore di 3 metri, e di aumentare la grossezza di solo metri 0,30 per ogni accrescimento di 1 metro nell'altezza dell'acqua. Impiegando le grossezze risultanti dalla regola semplicissima ora riferita, non solo si provvede alla sicurezza della tura che tende ad essere rovesciata dalla spinta dell'acqua che la circonda, ma anche allo stabilimento delle macchine di prosciugamento ed al facile disimpegno delle opere che in essa si devono eseguire.

L'esperienza ha fatto vedere che lo *stagno* o spazio limitato da una tura difficilmente si può ridurre e mantenere asciutto cogli ordinari mezzi di prosciugamento, quando siavi contr'esso una colonna liquida con altezza maggiore di 3 metri o maggiore di 2 metri, secondo che l'acqua corre o ristagna sopra un letto di terra ordinaria o di terra arenosa. Che anzi, l'impiego delle ture in opere di fondazione difficilmente può convenire per altezze d'acqua maggiori di 2 metri.

134. Ture fondali. — Avviene talvolta che dal fondo dello stagno si manifestano delle filtrazioni talmente copiose da essere insufficiente l'effetto delle macchine di prosciugamento ad equipararle. In tali circostanze non bisogna smarrirsi, e, esaminando i molti mezzi che l'arte conosce per reprimere le filtrazioni, generalmente si troverà quello che può condurre allo scopo.

Con palloni di argilla secca, ovvero con sacchetti di terra argillosa, o meglio ancora con un impasto di malta capace di formare coll'arena del fondo un cemento valido a resistere alla pressione dell'acqua, si arriva generalmente ad arrestare il corso di filtrazioni parziali: e, qualora riescano infruttuosi questi tentativi, può tornar utile l'espediente di mettere in chiusa la filtrazione, raccogliendo l'acqua che essa porta in un piccolo stagno, in cui si eleverà fino al livello di quella esterna senza poter uscire ad ingombrare il rimanente spazio racchiuso dalla tura.

I mezzi ora indicati, applicabili soltanto ad una parte del fondo dello stagno e che perciò si possono chiamare *ture fondali parziali*, riescono infruttuosi allorchè tutto il fondo dello stagno è di materia accessibile all'acqua, giacchè in tal caso le filtrazioni, manifestantisi solo in alcuni punti e represse cogli indicati mezzi, immediatamente comparirebbero in altri punti. Il riparo diretto a reprimerle deve essere esteso su tutta la superficie dello stagno in modo da chiudere per ogni dove l'accesso all'acqua, e si deve

così ricorrere a quei mezzi che costituiscono le *ture fondali generali*.

Nelle fondazioni del ponte di Moulins, siccome riferisce Regemortes, si riuscì a vuotare uno stagno il cui fondo aveva la superficie di 300 metri quadrati a metri 2,60 sotto il pelo magro del fiume Allier col seguente processo: si distese sul fondo dello stagno uno strato di terra sciolta un po' argillosa alto circa metri 0,35; si coprì questo strato di terra con un tavolato ben unito; e si caricò il tavolato di pietre. Per un simile lavoro si possono impiegare tavole d'abete con spessore non eccedente 5 centimetri, colle commessure ben unite ed esattamente chiuse mediante striscie di tela o mediante regoli di legno chiodati, affinchè nulla possa penetrarvi.

Espedienti che tornano della massima efficacia nell'esecuzione delle ture fondali, sono gli strati di malta idraulica o di calcestruzzo grasso. Come ottimamente osserva l'ingegnere Baudemoulin, la calcina in eccesso che trovasi nella malta o nel calcestruzzo filtra per una certa altezza nella terra, la quale si converte così in una specie di pudinga.

L'ingegnere Favre scrive che la sabbia fina ha riuscito a resistere ad un carico d'acqua di metri 2,50; e nel canale di S. Martino si applicò con un buon successo un impasto di terra sabbiosa mista con calce comune ridotta in pasta nella quantità di 1/20 ad 1/25 del suo volume.

Il generale Treussart ha proposto l'uso di una tela catramata ed impermeabile da distendersi sul fondo dello stagno in cui si vogliono reprimere le filtrazioni, dove vuol essere colato uno strato di malta idraulica o di calcestruzzo. Questo mezzo fu applicato con gran successo nel 1829 dal Polonceau nella cateratta di Saint-Ouen, da Leroy in quella del canale des Ardennes, e dal Barré de Saint-Venant nelle cateratte di Brienne e di Vieux. Nel lavoro della cateratta di Brienne non venne adoperata tela puramente incatramata, ma sibbene tela intonacata di bitume di Lobsann mescolato con olio seccativo e conosciuta in commercio col nome di *tela umidifuga*.

Nell'esecuzione di una tura fondale mediante tela impermeabile sottostante ad uno strato di malta o di calcestruzzo sono necessarie parecchie avvertenze, le quali vengono riferite in quello che immediatamente segue. — Per impedire che le scabrosità del fondo in cui vuolsi stabilire la tura fondale e che le pietruzze del calcestruzzo vengano a lacerare la tela impermeabile, si suggerì e si praticò di metterla e di unirla fra due altre tele non intonacate.

Così facendo risulta un corpo talmente solido da essere capace di reggere i carriuolanti e gli operai destinati allo scarico ed alla regolarizzazione del calcestruzzo. Qualora però vogliasi fare il getto del calcestruzzo col badile, si possono ridurre a due solamente le tele soprapposte, distendendo fra loro uno strato di mastice bituminoso per turare i pori. — Onde impedire che la tela subisca dei rialzi per causa di abbondanti sorgenti, bisogna trovar mezzo che le acque da queste somministrate abbiano un libero sfogo, evitando qualsiasi scolo lungo corrente. Perciò alcuni costruttori presero il partito di inchiodare al di sotto della tela degli scolatoi rovesciati, disposti trasversalmente al corso d'acqua ed aventi per oggetto di raccoghere le scaturigini e per darle scolo durante il tempo dell'immersione della tela e del sovrastante calcestruzzo. Altri costruttori trovarono miglior partito di rendere gli scolatoi indipendenti dalla tela, perchè così operando riusciva assai più facile il distendimento della tela medesima; ed immaginarono di comporre gli scolatoi con pezzi cilindrici di lamiera, di legno, di terra cotta e di ghisa, muniti di numerosi buchi nelle pareti onde ricevere tutta l'acqua circostante, od anche semplicemente di tela di rivoltura rara avvolta ad una spira di grosso filo di ferro, da affondarsi prima della tela impermeabile in piccoli rigagnoli scavati colla cucchiaia. Siccome poi, terminato il posamento della tela e del calcestruzzo, bisogna otturare gli scolatoi, i quali altrimenti sarebbero causa d'indebolimento nella tura fondale, all'atto del posamento si muniscono di tubi in lamiera, i quali, elevandosi un po' al disopra della superficie superiore che deve presentare il getto di calcestruzzo, impediscono a questo di ostruirli, e servono nel tempo stesso, dopo che il calcestruzzo avrà incominciato a lapidificarsi, a empiere gli scolatoi stessi gettandovi dentro della malta idraulica, la quale penetrerà fino ad una certa distanza sotto la tela, quando la compressione sia bastantemente energica. Non si può assegnare in modo generale qual sia il numero degli scolatoi da stabilirsi in ogni caso e quali le loro dimensioni; nei terreni resistenti e con scaturigini deboli e rare si può far senza, e tutto al più può tornare vantaggioso di porre uno di questi scolatoi, munito dei suoi tubi, nel sito in cui si deve terminare l'immersione della tela.

Si oppongono taluni all'impiego della tela impermeabile, dicendo che essa non presenta il vantaggio di favorire l'intima coesione del suolo colla massa murale. Per avere anche questo vantaggio basta gettare uno strato di malta o di calcestruzzo sul fondo dello

stagno subito dopo il posamento degli scolatoi, prevenendone l'ostruzione gettando acqua nei loro tubi verticali. La tela impermeabile che dopo si affonderà, venendo col compimento della tura fondale a trovarsi compressa fra due masse di calcestruzzo, produrrà uno strato così sottile che, lungi dal nuocere alla solidità e senza dar passaggio a pericolose filtrazioni, non permetterà allo strato di calcestruzzo soprapposto di spogliarsi di una parte di sua calcina, il quale si condenserà per conseguenza in una massa della maggiore compattezza possibile.

Le buone ture fondali assai difficilmente si possono stabilire sopra il fondo di uno stagno in cui si è già praticata una palilicazione, giacchè non è sperabile che la terra, le tavole, il calcestruzzo e la tela si apprendano ai pali in modo, che l'acqua non possa farsi strada intorno alle teste dei medesimi. Fortunatamente però i terreni sabbiosi subacquei, i quali danno sempre passaggio ad abbondanti scaturigini, non abbisognano di palilicazioni per essere resi idonei a mantenersi fermi sotto il carico di un edifizio, purchè non si tralasci di circuirli di solidi e profondi ripari valevoli a togliere il pericolo di corrosioni e di scavamenti che potrebbero essere prodotti dal corso e dalle agitazioni irregolari dell'acqua.

185. **Espulsione dell'acqua dai cavi e dagli stagni delle ture, e mezzi per effettuare quest'operazione.** — L'espulsione dell'acqua da un cavo o da uno stagno di tura, eseguito per lo stabilimento di fondazioni, consiste nell'attingere l'acqua in esso contenuta, nell'elevarla a livello superiore a quello che essa ha nel recipiente da cui si toglie e nell'immetterla in un canale, dal quale viene deviata in modo da non porre incaglio all'esecuzione delle opere da farsi nel cavo o nello stagno da cui l'acqua venne estratta. Quando le acque derivano da sorgenti e da filtrazioni le quali qua e là appariscono sul fondo e sulle pareti dello scavo, conviene scavare un bacino in cui tutte vengano raccolte e dal quale verranno poi estratte con opportuni procedimenti. L'operazione di espellere e di mantenere asciutto un cavo o uno stagno, in cui vuolsi praticare un lavoro di fondamenti, chiamasi in pratica col nome di *aggottamento*, ed i mezzi che si impiegano per condurla a compimento si dicono *apparati idrovori*. Gli apparati idrovori d'uso più frequente sono: le *secchie*, le *bigonce*, le *gotazze* ed altri somiglianti mezzi che vengono adoperati a braccia d'uomini senza il sussidio di alcun meccanismo; e le macchine idrovore conosciute coi nomi di *altaleni idraulici*, di *norie*, di *bindoli idraulici*,

di *timpani idrovori*, di *ruote idrovore a palmette*, di *ruote idrovore a cassette*, di *coclee idrovore* e di *pompe* o *trombe*.

Le *secchie* sono recipienti aventi la forma di cilindri o di tronchi di cono con lieve differenza nella grandezza delle basi. Esse si costruiscono in rame, in latta, in legno mediante doghe riunite intorno ad un disco formante il fondo e strette da cerchi di legno o di ferro ed anche in vimini con interno incamiciamento di cuoio; sono munite di manico in ferro e ciascuna viene manovrata da un solo operaio.

Le *bigonce* sono fatte come le secchie in legno, ma con maggiori dimensioni, e ciascuno di tali apparati vien maneggiato da due operai.

Le *gotazze* non sono altro che cucchiaie di legno munite di un manico diritto, e vengono esse manovrate da un solo operaio il quale, immersa la cucchiaia nell'acqua, verticalmente la solleva per innalzare e gettare l'acqua fuori del cavo in cui si trova. Si impiegano talvolta delle gotazze di tali dimensioni da non potersi maneggiare semplicemente a braccia d'uomini, e che si sospendono pel manico e mediante una fune alla cima di un castello piramidale fatto con tre pertiche fitte in terra ed aventi le loro sommità riunite mediante una stretta legatura.

L'uso dei descritti semplicissimi apparati idrovori, coi quali si è ben lungi dal poter convertire in effetto utile la forza sviluppata dagli uomini nel manovrarli, è solo applicabile quando si tratta di sollevare l'acqua ad un'altezza non maggiore di metri 1,50 o di metri 2 al più.

Gli *altaleni idraulici* sono, fra le macchine idrovore, quelle che dai moderni costruttori vengono riputate come le meno confacenti all'estrazione dell'acqua da cavi o da stagni in cui vogliousi stabilire delle opere di fondazione, sia per la pochezza dell'effetto utile attendibile, sia pel soverchio spazio che occupano, sia per essere malagevoli a traslocarsi, sia ancora per l'agitazione che inducono nelle acque contenute nel cavo o nello stagno con immenso danno delle opere murali di fresco eseguite a motivo delle malte che sciolgono e del calcestruzzo che dilavano. Non ostante questi più notevoli inconvenienti, gli altaleni vennero adoperati in alcune classiche costruzioni idrauliche, per cui, nel mentre intendo di non suggerire l'uso, reputo opportuno di dare un breve cenno di quelli che hanno forma stata stimata la più vantaggiosa e la più comoda negli aggottamenti per fondazioni.

Si immagini una doccia posta in bilico, a guisa di una leva,

sopra un cavalleto formato di due colonnette verticali piantate su una sponda del recinto da cui vuolsi estrarre l'acqua, e di una traversa orizzontale costituente l'asse di rotazione. La parte di doccia posta dalla banda del cavo da prosciugarsi sia la più corta e piuttosto ampia all'estremità; l'altra parte formi come un canale fugatore aperto al suo estremo onde poter versare l'acqua raccolta dalla prima. Un manovale, agendo sulla parte più lunga della doccia, cioè sulla parte verso la quale deve aver luogo il versamento, indurrà un moto rotatorio verticale alternativo nella doccia, e l'acqua verrà alternativamente raccolta dall'estremità più ampia, quando questa s'immerge, e versata all'altra estremità, allorchè questa viene ad inclinarsi.

Un altro altaleno idraulico, conosciuto in Italia sotto il nome di *conchetta*, e di cui parla il Borgnis, consiste in un basso recipiente cilindrico, o conca, munito di una bocca di sfogo sui cui lati si estende il bordo della conca in modo da presentare detta bocca la forma di un corto canaletto. Un perno attraversa le pareti della bocca di sfogo e si appoggia a due colonnette verticali piantate nel cavo da prosciugarsi, le quali colonnette servono anche di sostegno all'estremità di un canale o doccia destinata a ricevere l'acqua versata dalla bocca di sfogo ed appoggiata all'altra estremità sul terreno nella direzione e dove incomincia il fosso destinato ad esportare l'acqua che proviene dall'aggottamento. Parallelamente al detto perno di rotazione si trova una traversa disposta col suo asse in un piano meridiano della conca ed infilata in due fori praticati nella parete della conca medesima: questa traversa passa nell'occhio posto all'estremo inferiore d'un'asta, la quale va a fermarsi ad un anello portato dal braccio più corto di una leva, munita all'estremo del braccio più lungo di una fune su cui agisce il manovale il quale, imprimendo il movimento rotatorio verticale alternativo alla detta leva, fa pure concepire un movimento rotatorio verticale alternativo alla conchetta, che nell'alzarsi versa nella doccia l'acqua che ha preso abbassandosi ed immergendosi nel liquido contenuto nel cavo o nello stagno da prosciugarsi.

La *noria* è un apparato idrovoro composto di due tamburi o cilindri, disposti coi loro assi orizzontali e paralleli in un medesimo piano verticale, allorquando la macchina funziona, sui quali sono tese due catene o due funi perpetue portanti un certo numero di bigonce o di cassette, che, allorquando si imprime un movimento rotatorio al cilindro superiore d'onde ne deriva anche quello del cilindro inferiore, discendono successivamente una dopo l'altra a

riempirsi d'acqua nel cavo in cui è piantata la macchina e quindi salgono rovesciandosi all'apice della loro corsa in un apposito condotto o doccia in legno, d'onde l'acqua passa nel canale destinato a condurla via. I tamburi sono generalmente portati da due ritti saldamente piantati in un solido imbasamento, e consolidati da opportuni puntelli onde impedire le oscillazioni a cui vanno soggetti quando la macchina lavora. Il tamburo superiore presenta generalmente una superficie scabra e scanalata nel senso delle generatrici per ottenere che le catene o le funi ben si sviluppino onde produrre il voluto sollevamento; e talvolta, quando le bigonce sono portate da catene, è munito di risalti i quali addentrandosi negli anelli delle catene stesse contribuiscono ad ottenere un innalzamento regolare ed uniforme. — Per lo più le norie vengono messe in moto da uomini, da giumenti o da cavalli, in alcune circostanze si applicarono anche la forza del vento, dell'acqua e del vapore. Basta corredare il tamburo superiore di una manovella affinchè l'apparato possa essere mosso da uno o da più uomini, e bisogna aver ricorso ad opportuni mezzi di trasmissione del movimento allorquando si vuole applicare ad esso un'altra forza motrice. — La noria, essendo una macchina assai agevole a trasportarsi ed a sistemarsi, e prestandosi all'estrazione dell'acqua a molta profondità, sembra potersi annoverare tra gli apparati idrovori di qualche vantaggio nel prosciugamento di cavi o di stagni per fondazioni.

Una macchina idrovora, che molto venne impiegata in Francia nel secolo trascorso per l'aggottamento di recinti in cui doveansi stabilire delle fondazioni idrauliche, è il *bindolo verticale* che consiste: in un cilindro o tamburo orizzontale, allorquando la macchina trovasi in istato d'azione; in una catena perpetua che pende dal detto cilindro; in una canna verticale di legno o metallica a sezione interna circolare di altezza ordinariamente variabile fra 4 e 6 metri, nella quale passa uno dei due tratti verticali della catena, in una cassa annessa al piede della canna, aperta superiormente e pertugiata nelle sue sponde, affinchè l'acqua possa entrarvi da ogni banda, se non limpida, scevra almeno di materie grosse capaci d'impedire il gioco della macchina; ed in una doccia posta alla sommità di detta canna per dar sfogo all'acqua che vi viene portata. Il tamburo è munito tutto all'ingiro di granfie di ferro biforcate, che obbligano la catena a moversi secondando il giro del tamburo medesimo, e che impediscono a quella di mantenersi ferma mentre questo si muove, come potrebbe accadere qualora non fosse così armato. Lungo la catena ed a distanze eguali si trovano distribuiti dei cappelletti,

o campanelle massicce di ferro, ciascuno dei quali ha nel vertice un occhio per cui può attenersi ad un anello della catena, ed internamente secondo il suo asse un perno o maschio, munito esso pure di occhio alla sua estremità, per poter essere attaccato ad altro anello della catena, onde così il cappelletto viene a far parte della catena stessa. Il diametro della base di un cappelletto è ben di poco minore del diametro della canna; nel suo maschio sono infilate una o due rotelle di cuoio col diametro perfettamente eguale a quello della canna, e dopo di esse un disco di ferro che, mediante una zeppa a chiavetta pure in ferro insinuatesi fortemente in una asola aperta a traverso il maschio, serve a stringere fortemente le ruotelle di cuoio. — Facendo girare il tamburo in guisa che salga la parte di catena posta nella canna, ciascun cappelletto passando successivamente dalla cassa nella canna, porta con sè una colonna d'acqua che giunta alla sommità della canna medesima si scarica per la doccia. Un rullo situato per traverso alla cassa, dove imbocca colla canna, giova a facilitare l'ingresso dei cappelletti in quest'ultima. Il bindolo di cui si è parlato veniva generalmente messo in moto da uomini che agivano su due manovelle infisse nel tamburo secondo il suo asse; e nulla osta che a mettere in azione un tale apparato, quando abbia grandi dimensioni o quando se ne vogliano far agire molti contemporaneamente, si possa aver ricorso all'impiego della forza di potenti animali, o anche a quelle dell'acqua e del vapore. L'esperienza però ha fatto vedere che i bindoli verticali sono macchine idrovore di poca utilità pratica: la necessità di dover formare delle profonde fosse onde poter togliere del tutto l'ingombro dell'acqua dalla superficie di fondazione e onde poter immergere la cassa dell'apparato, le quali pozze danno ordinariamente origine a copiose scaturigini; le pietruzze ed i grani di sabbia che quasi sempre l'acqua seco trascina dentro la canna e che, insinuandosi fra i cappelletti e le pareti interne della canna stessa, obbligano a frequenti interruzioni e producono talvolta lo strappamento della catena; le fughe d'acque che hanno luogo fra i lembi dei cappelletti e le sponde della canna; e finalmente l'avere la canna un'altezza invariabile, per cui talvolta bisogna far salire l'acqua ad un'altezza maggiore della necessaria, sono cause che, come sagacemente osserva il Gauthey, resero assai gravi le spese di aggottamento con bindoli nelle fondazioni di molti importanti lavori, e che recano meraviglia come avvedutissimi costruttori francesi n'abbiano sì di frequente fatto uso.

Un apparato idrovoro che ha molta analogia con quello ultima-

mente descritto è il *bindolo inclinato*, il quale consiste: in una doccia a sezione rettangolare il cui fondo e le cui sponde sono generalmente costituite da tavoloni, e la quale, quando la macchina funziona, si trova disposta in positura inclinata colla sua estremità inferiore immersa nell'acqua dello scavo o dello stagno che vuolsi aggottare e colla sommità al culmine della sponda di detto scavo o di detto stagno; di due cilindri o rulli posti, l'uno all'estremità inferiore e l'altro all'estremità superiore della macchina, coi loro assi paralleli, e armati ad egual distanze di caviglie oppure di ale disposte nel senso di altrettanti piani passanti per gli assi dei rulli medesimi; e d'una catena perpetua collocata sugli indicati due rulli, il cui tratto inferiore si ricovera nella doccia, mentre il tratto superiore appoggia su un tavolone inclinato parallelamente al fondo della doccia medesima, con cui trovasi invariabilmente e saldamente unito, e con due orli alquanto rilevati in guisa da presentarsi come un canale di piccola profondità. La catena è generalmente di ferro e consta di una serie di anelli o di articoli fra i quali trovansi disposti ad eguali intervalli delle palmette o dei cappelletti a base rettangolare, e nelle singole sue parti è foggiata in guisa da esservi fra i suoi anelli o articoli e fra le caviglie o ale dei rulli una tale corrispondenza da ottenersi l'innalzamento della parte di catena posta nella doccia, e l'abbassamento dell'altra parte quando pel verso conveniente si fa girare il rullo superiore. Quando le ali di cui sono armati i rulli sono in legno, conviene che siano foderate di lamina affinchè nei lembi non abbiano ad essere troppo presto consumate dall'attrito. — Egli è evidente che, imprimendo al rullo superiore quel movimento rotatario per cui la parte inferiore di catena si innalza nella doccia, ogni palmetta spinge in alto un prisma d'acqua, contenuto fra le sponde ed il fondo della doccia e terminato superiormente dal piano orizzontale passante pel lembo superiore della palmetta stessa, e che per conseguenza una certa quantità d'acqua viene portata alla sommità della doccia dove si riversa nel canale destinato ad esportarla. — Stando ai rapporti del Belidor e del Gauthey, i bindoli inclinati mossi a braccia d'uomini, che in molte importanti occasioni vennero adoperati, avevano lunghezza variabile fra 5 e 7 metri, e servivano ad innalzare l'acqua ad un altezza di poco più di metri 3. Si è poi riconosciuto che questi apparati idrovori, oltre di servire appena per altezze non di molto superiori a quella or ora indicata e di richiedere molto tempo per essere trasportati ed ammanniti, presentano tutti gli inconvenienti dei bindoli verticali, e che per conseguenza non si possono vantaggiosamente applicare nei prosciu-

gamenti per fondazioni idrauliche. – Generalmente i bindoli inclinati venivano mossi da uomini; in alcune circostanze però si applicarono altri motori animati, e talvolta si trasse partito della forza somministrata da una corrente, o nulla osta che si possa applicare la forza motrice del vapore.

Il più antico dei *timpani idrovori* è quello commemorato e descritto dal Vitruvio. Quest'apparato consiste in un tamburo vuoto di legno, disposto sopra un asse orizzontale, chiuso all'intorno e da ambi i lati, ed internamente diviso mediante otto tramezze di tavole disposte in modo da ottenere otto scompartimenti eguali a foggia di settori cilindrici. Sulla superficie convessa del tamburo esistono otto aperture poste ad egual distanza l'una dall'altra, a piccola distanza dalle tramezze e rispondenti ciascuna ad uno degli indicati otto scompartimenti. Il fuso poi o albero del tamburo è munito da un lato di otto scanalature, in cui si annicchiano altrettanti tubi, ciascuno dei quali è destinato a dar esito all'acqua contenuta nello scompartimento che gli corrisponde. — Girando pel verso conveniente il timpano, a misura che le otto aperture praticate sulla superficie convessa s'immergono nel liquido contenuto nel cavo o nello stagno da prosciugarsi, l'acqua entra nei diversi scompartimenti, e, quando la tramezza inferiore di ogni settore giunge ad essere orizzontale e che sale inclinandosi verso il piano verticale passante per l'asse di rotazione dell'apparecchio, l'acqua ha esito pel rispettivo tubo annicchiato nell'albero e si versa in un sottoposto recipiente, da cui passa in una doccia destinata a portarla via. — Il modo più semplice per mettere in movimento il timpano descritto è quello di armare il suo albero d'una o di due manovelle per poi applicarvi degli uomini: più soventi però si prese il partito di disporre una ruota a tamburo sull'asse stesso dell'apparato idrovoro e di far in essa agire uno o più uomini.

Nell'apparato di cui si è ora parlato sono facili a ravvisarsi due gravi inconvenienti: il primo sta in ciò che il peso dell'acqua contenuta in ogni scompartimento agisce, per arrivare dal punto di presa a quello di emissione, con braccio di leva sempre variabile e crescente, per cui il movimento della macchina non può essere uniforme; il secondo risiede nel modo di applicazione della potenza, la quale, sia agendo per mezzo di manovelle, sia per mezzo d'una ruota a tamburo, si trova sempre ad una distanza dall'asse minore di quello a cui opera la resistenza. Con un'ingegnosa e semplicissima modificazione, che il Dechales ed il Wolfio indicarono nelle loro opere, e che in seguito venne prodotta dal De la Faye negli atti del

l'Accademia delle scienze del 1717, si arrivò a poter combinare tal forma di traverse da ottenere un timpano idrovoro immune degli accennati inconvenienti, e costituenti in pari tempo una macchina delle più atte a produrre un regolare ed abbondante effetto. Questa modificazione delle tremezze consiste nel surrogarle con diaframmi ricurvi, disposti fra i due fondi del timpano secondo l'andamento delle evolventi del circolo costituente la sezione del fuso, delineate sulla superficie interna dell'uno e dell'altro dei fondi medesimi. Con tale disposizione di cose si arriva ad ottener che il braccio del peso della massa liquida, raccolta da ciascuno dei diaframmi di mano in mano che questi si immergono nell'acqua da innalzarsi, è costante, eguale al raggio dalla circonferenza evoluta e più tenue di quello che potrebbe risultare da diaframmi di altra forma. — I timpani idrovori difficilmente si fanno con diametro maggiore di 7 metri, atteso l'ingente mole che prenderebbero, e ben di rado possono servire ad innalzare l'acqua ad altezze maggiori di metri 3,25. Generalmente si applicano degli uomini per metterli in movimento, ma nulla osta che per grandi aggottamenti si possa trar partito della forza somministrata da grossi quadrupedi, di una corrente d'acqua ed anche del vapore. — I timpani a diaframmi ricurvi sono fra le macchine idrovore quelle che danno il miglior effetto utile, e solamente al molto spazio che occupano si deve attribuire il non vederli continuamente usati nelle opere di fondamenti idraulici.

La *ruota idrovora a palmette* consiste in una ruota ad asse orizzontale allorquando trovasi in istato d'azione, munita nel suo contorno di palmette piane, e girevole in una doccia di figura cilindrica avente per asse l'asse stesso di rotazione della ruota, la cui superficie accompagna per circa 1/4 il giro della ruota in guisa da lasciare fra sè e le palmette un intervallo il più ristretto possibile. — Disponendo la macchina in modo che il fondo della doccia e che le palmette più basse peschino nell'acqua, se si imprime ad essa un moto rotatario pel verso conveniente, ciascuna palmetta, di mano in mano che giunge ad immergersi nell'acqua ed a sollevarsi, innalza un prisma liquido, il quale portato alla sommità della doccia, fin quasi al livello dell'asse di rotazione della macchina, si riversa in un canale destinato ad esportare il liquido innalzato. — La descritta macchina, che può essere messa in moto da uomini, da grossi quadrupedi, dalla forza di una corrente o dal vapore, dà ancora un discreto effetto utile, e la poca, per non dire nessuna, applicazione di cui gode nelle opere d'aggottamento è da attribuirsi alle difficoltà di trasporto e d'impianto, allo spazio piuttosto considerevole

che occupa ed alle piccole altezze per cui si può con essa innalzare l'acqua.

Le *ruote idrovore a cassette*, che si dicono anche *a ciotole* ovvero *a secchi*, secondo la forma e la disposizione dei vasi destinati a sollevare l'acqua, consistono in ruote collocate in modo da rotare intorno ad un asse orizzontale, col loro contorno munito di vasi che l'uno dopo l'altro si riempiono d'acqua venendo a tuffarsi nel liquido contenuto in un cavo o in uno stagno da prosciugarsi, che trasportano il liquido fin quasi all'apice della loro rivoluzione, dove lo versano in una doccia o canale destinato ad esportarlo e che quindi scendono nuovamente a riempiersi. — Nelle fondazioni del gran ponte di Neully si impiegò per fare alcuni aggottamenti una ruota idrovora a cassette messa in moto da una ruota verticale ad ale stabilita sulla Senna; l'acqua venne innalzata per un'altezza di metri 3,60, e fu piuttosto vantaggioso il risultato che si ottenne.

La *vite d'Archimede* è una coclea idrovora che consiste in un cilindro circolare, generalmente di legno, sul quale si rivolge un tubo metallico foggiato a spira. Più sovente però la *coclea idrovora* che si impiega nelle costruzioni per opere d'aggottamento consiste in un involucro cilindrico formato con tavole di legno forte e ben cerchiato in ferro, il quale nel senso del suo asse ha un robusto perno in ferro, formante il perno di rotazione dell'intiera macchina. Nello spazio cilindrico che rimane fra l'involucro ed il perno sono allogati, per tutta la lunghezza dell'apparato idrovoro, tanti pezzi di legno che nel loro assieme costituiscono un materiale elicoide sghembo avente per piano direttore un piano perpendicolare all'asse del perno, ed inserviente a trasformare l'indicato spazio cilindrico in un condotto spirale che rimpiazza il tubo della vite d'Archimede. Se disponesi obbliquamente all'orizzonte l'asse di rotazione di una coclea, e se le vien comunicato il movimento rotatario, il punto più basso di ciascuna delle spire del tubo o del condotto spirale cangia di posizione nella spira stessa, per modo che un corpo pesante in esso collocato, dovendo per leggi meccaniche tenere il posto più basso della spira su cui si trova, sarà costretto a salire lungo il tubo o lungo il condotto spirale quando si faccia girare la macchina per un verso, ed a discendere quando si faccia girare pel verso contrario. — Da quanto si è detto risulta agevole il vedere come si possa impiegare una coclea per opere d'aggottamento: si disponga l'asse del cilindro con una conveniente inclinazione coll'orizzonte, in modo che sia inferiormente ritenuto da una ralla e superiormente da un anello che al medesimo permettano di concepire il

movimento rotatario; si faccia in guisa che l'estremità inferiore dell'apparato peschi nel liquido da sollevarsi, che l'estremità superiore si trovi di poco al di sopra del bacino in cui l'acqua deve essere versata; si giri l'apparecchio pel verso conveniente e l'acqua, elevandosi di una spira ad ogni giro, finirà per venire all'estremità superiore del tubo o condotto spirale ed a versarsi nel sottostante bacino. — Le coclee idrovore possono essere messe in moto da uomini applicati ad una manovella con cui termini l'estremo superiore del loro perno; nel caso però di grandi e continuati aggottamenti, e quando in uno stesso sito è necessario l'impiego di più coclee, torna miglior partito di metterle in moto mediante la forza di grossi quadrupedi, o meglio ancora del vapore e dell'acqua, se di questa ultima si ha una sufficiente corrente. — Il Perronet nelle fondazioni del ponte d'Orleans fece uso d una coclea lunga metri 2,60 ed avente esternamente il diametro di metri 0,49. Questa coclea, che disponevasi col suo asse in modo da fare un angolo di circa 33° all'orizzonte, veniva mossa da due uomini e serviva ad elevare l'acqua per un altezza di metri 1,15. Per molte importanti opere d'arte eseguite lungo il canale Cavour si fecero gli aggottamenti mediante coclee, alcune delle quali, messe in azione da locomobili, innalzavano l'acqua ad altezze piuttosto ragguardevoli. — In generale le coclee sono riputate macchine idrovore piuttosto vantaggiose, ma non possono guari servire per altezze maggiori di metri 3,50 se non vuolsi di troppo aumentare il loro peso e andare incontro a nocive inflessioni del loro perno. Si è poi notato che, nelle coclee a braccia d'uomini, il muovere la manovella inclinata è per l'uomo un'azione assai penosa, e che deve quindi necessariamente riuscire d'un effetto molto più scarso di quello che può ottenersi quando la manovella è orizzontale; per cui alcuni costruttori, nell'intento di evitare questo svantaggioso modo d'applicazione del motore, fanno dipendere il movimento della manovella dal movimento rotatario alternativo d'una leva, che dagli uomini vien spinta e tirata a vicenda e che agisce nella stessa guisa del pedale degli arrotini (Gauthey, *Construction des ponts*, lib IV, cap. II, sez. V.)

Le operazioni d'aggottamento fatte col mezzo di *trombe* risultano generalmente più dispendiose di quelle fatte con altri apparati idrovori, se si eccettuino gli strumenti a mano ed il bindolo inclinato. Attesa però la facilità che si ha nelle trombe di far salire l'acqua alla sola altezza strettamente necessaria, avuto riguardo all'agevolezza con cui si possono trasportare, al pochissimo spazio che esigono per essere situate ed alle grandi altezze alle quali pos-

sono sollevare l'acqua, nelle effettive occorenze della pratica avviene non di rado la necessità di doversi appigliare all'impiego di questi apparati e di arrivare all'aggottamento di profondi cavi con spesa anche minore di quella che sarebbe apportata da un altro qualunque degli indicati apparecchi idrovori. Nelle operazioni d'aggottamento, a seconda delle circostanze speciali, si possono adoperare le *trombe aspiranti*, le *trombe prementi*, e le *trombe simultaneamente aspiranti e prementi*, delle quali si darà un brevissimo cenno in quello che immediatamente segue.

Le *trombe aspiranti* consistono in un tubo d'aspirazione verticalmente disposto con l'estremo inferiore immerso nell'acqua da sollevarsi, allorquando la macchina funziona, e seguito da un corpo di tromba con diametro più grande di quello del tubo d'aspirazione, nel quale corpo di tromba può concepire con moto alternativo rettilineo verticale uno stantuffo. All'unione del tubo d'aspirazione col corpo di tromba vi è una valvola che apresi dal basso in alto, e nel mezzo dello stantuffo trovasi una seconda valvola aprentesi nello stesso modo. Allorquando lo stantuffo sale nel corpo di tromba lascia il vuoto dietro di sè, la prima delle due anzidette valvole si apre, l'aria contenuta nel tubo d'aspirazione rarefacendosi occupa lo spazio lasciato dallo stantuffo, e l'acqua in cui pesca l'estremità di questo tubo sale in esso fino ad una certa altezza. Abbassando lo stantuffo, si chiude immediatamente la valvola posta all'unione del tubo d'aspirazione col corpo di tromba e, condensandosi l'aria posta sotto lo stantuffo, si apre la valvola di quest'ultimo e sfugge così l'aria che al primo colpo era venuta nel corpo di tromba. Continuandosi il saliscendere dello stantuffo, l'acqua vieppiù si innalza nel tubo d'aspirazione, finchè dopo un certo numero di colpi essa entra nel corpo di tromba, ed ogni volta che lo stantuffo si abbassa ne apre la valvola e passa al di sopra per essere tratta a sgorgare per un apposito tubo, il quale la immette nel canale destinato a esportarla. — Nelle trombe aspiranti il fenomeno dell'innalzamento ha luogo per causa della pressione atmosferica che agisce sulla superficie dal liquido da sollevarsi e, quando tengasi conto delle resistenze passive che necessariamente si sviluppano nel mettere in azione questi apparati idrovori, è da ritenersi che l'altezza, a cui con essi può essere sollevata l'acqua, giunge tutto al più da 8 a 9 metri.

Le *trombe prementi* consistono in un corpo di tromba avente alla sua base inferiore un'apertura munita di valvola che si apre dal basso in alto, ed in cui si muove uno stantuffo con apertura nel

suo mezzo munita pure di valvola che si apre nello stesso modo della prima. — Queste macchine funzionano immergendole col loro corpo di tromba nell'acqua da sollevarsi. Essendo lo stantuffo alla cima della sua corsa, la valvola del corpo di tromba è aperta e l'acqua si trova in detto corpo allo stesso livello che ha esternamente; abbassando lo stantuffo, l'acqua viene compressa, chiude la valvola del corpo di tromba, apre quella dello stantuffo, e sale al di sopra di esso per essere portata ad innalzarsi in un tubo ascensionale dal cui orifizio superiore viene poi a sgorgare nel canale destinato ad esportarla. — Invece di praticare le due aperture munite di valvola, una sul fondo del corpo di tromba e l'altra nello stantuffo, torna generalmente più comodo di fare nel corpo di tromba due aperture laterali, una delle quali si trovi dove il tubo ascensionale viene a congiungersi col corpo di tromba e l'altra diametralmente opposta. La valvola di quest'ultima apertura deve aprirsi verso l'indentro e quella che trovasi all'imbocco del tubo ascensionale verso l'infuori per rapporto al corpo di tromba.

Collocando il corpo di tromba, di seguito ad un tubo d'aspirazione meno lungo dell'altezza per cui la pressione atmosferica può in esso far salire l'acqua, si ottiene una *tromba aspirante e premente.* Una valvola aprentesi dal basso in alto trovasi all'unione del tubo aspirante col corpo di tromba, lo stantuffo è generalmente cieco, ed una seconda valvola trovasi, o dove il tubo ascensionale destinato a portare in alto l'acqua si annette al corpo di tromba aprendosi dal di dentro al di fuori del corpo di tromba medesimo, o nel tubo ascensionale stesso dopo il gomito che esso fa nello staccarsi dal corpo di tromba onde porsi in direzione verticale aprendosi dal basso in alto. Dopo alcuni colpi di moto alternativo rettilineo dati allo stantuffo, l'acqua sale nel corpo di tromba, segue lo stantuffo tutte le volte che esso s'innalza, e quando discende, chiudendosi la valvola che trovasi all'unione del tubo d'aspirazione col corpo di tromba, l'acqua in quest'ultimo esistente costringe la valvola del tubo ascensionale ad aprirsi e sale su pel tubo medesimo, da cui viene portata a sgorgare nel condotto destinato a portarla via.

Le trombe aspiranti e prementi sono quelle che generalmente tornano più convenienti per le opere di aggottamenti da eseguirsi a grandi altezze, ma quali vennero or ora descritte hanno l'inconveniente di non somministrare un getto continuo. Per raggiungere questo scopo si deve aver ricorso alle *trombe a doppio effetto*, le quali si fanno ordinariamente o con due corpi di tromba, con un

sol tubo d'aspirazione e con un sol tubo ascensionale, oppure con un sol corpo di tromba, con un sol tubo d'aspirazione e con un sol tubo ascensionale.

Le *trombe a doppio effetto con due corpi di tromba* hanno generalmente un tubo ascensionale in seguito al tubo d'aspirazione il quale, giunto ad una certa altezza, si dirama orizzontalmente in due tubi eguali alle cui estremità si elevano i corpi di tromba, dove il movimento degli stantuffi deve essere combinato in modo che salga uno di essi mentre l'altro discende. Nel sito in cui i due tubi orizzontali o braccia che portano i corpi di tromba si uniscono coi tubi d'aspirazione e d'ascensione si trovano quattro luci, due che dal tubo d'aspirazione immettono nelle due braccia e due che dalle braccia vanno al tubo ascensionale: le prime due luci sono munite di valvole aprentisi dal basso in alto, ossia dal tubo d'aspirazione verso le braccia; le altre due sono munite di valvole aprentisi dalle due braccia verso il tubo ascensionale. Allorquando lo stantuffo di destra fa la sua corsa ascendente e la corsa discendente quello di sinistra, nella parte destra dell'apparato si apre la valvola inferiore, si chiude quella superiore, e quando non trovasi più aria nel tubo d'aspirazione, nel braccio destro e nel corrispondente corpo di tromba, l'acqua sale fin sotto la faccia inferiore dello stantuffo; nella parte sinistra poi l'acqua già arrivata sotto lo stantuffo quando venne esso elevato, rimane compressa, chiude la valvola inferiore, apre la superiore e sale pel tubo ascensionale. Incominciando dopo la corsa inversa, ossia abbassandosi lo stantuffo di destra ed elevandosi quello di sinistra, le cose hanno luogo in senso contrario, ossia l'acqua che viene dal tubo d'aspirazione riempie il braccio ed il corpo di tromba di sinistra, e viene cacciata su pel tubo ascensionale quella che si trovava nel braccio e corpo di tromba di destra. Continuando adunque a tenere in moto gli stantuffi, da una parte della macchina si farà sempre aspirazione dell'acqua e dall'altra si opererà la compressione e quindi il sollevamento.

Le *trombe aspiranti e prementi a doppio effetto con un sol corpo di tromba* sono generalmente fatte come brevemente vien qui sotto indicato. Il tubo d'aspirazione giunto all'altezza nella quale vuolsi porre il corpo di tromba si dirama a guisa del perimetro di un parallelogramma avente uno dei suoi lati in prosecuzione del tubo stesso d'aspirazione e l'altro parallelo prolungantesi in modo da costituire il tubo ascensionale. Verso la metà della loro lunghezza i due lati del parallelogramma, i quali si trovano l'uno in prosecuzione del tubo d'aspirazione e l'altro in direzione del tubo ascen-

sionale, portano due bracci o corti tubi orizzontali, quando il tubo d'aspirazione è verticalmente disposto, i quali bracci mettono in comunicazione il tubo aspirante colla parte inferiore del corpo di tromba ed il tubo ascensionale colla parte superiore. Al di sotto della luce per cui il corpo di tromba è posto in comunicazione col tubo aspirante trovasi una valvola aprentesi dal basso in alto ed un'altra aprentesi nello stesso senso si trova al di sopra di detta luce; analogamente dalla parte verso cui il corpo di tromba comunica col tubo ascensionale si trovano due valvole, una al di sopra e l'altra al di sotto della luce di comunicazione, pure aprentisi dal basso in alto. Essendosi già dati alcuni colpi di stantuffo per estrarre l'aria dal tubo aspirante e dal corpo di tromba, avvengono nell'alzarsi e nell'abbassarsi dello stantuffo i seguenti fatti, supponendo che il tubo d'aspirazione sia a dritta, e che il tubo ascensionale sia a sinistra: quando lo stantuffo fa la sua corsa ascendente si apre la valvola inferiore a destra e la superiore a sinistra per cui entra acqua al di sotto dello stantuffo e si caccia nel tubo ascensionale l'acqua posta al di sopra della sua faccia superiore; quando invece ha luogo la corsa discendente si apre la valvola inferiore a sinistra e la superiore a destra, si aspira acqua nel corpo di tromba al di sopra della faccia superiore dello stantuffo e si caccia quella che trovavasi al di sotto nel tubo ascensionale; e così continuando il moto alternativo dello stantuffo si ottiene lo sgorgo continuo del liquido.

La luce per cui l'acqua incomincia a passare in una pompa non deve essere totalmente aperta se non vuolsi che unitamente all'acqua non si elevino anche delle sostanze solide, le quali potrebbero danneggiare l'apparato, ma sibbene è conveniente che detta luce sia determinata da piccoli fori o che sia munita di una rete metallica a maglie strette per cui le materie solide non possano avere passaggio. Che anzi, si deve in generale avvertire che sempre male a proposito riesce l'uso delle pompe quando si devono sollevare delle acque torbide: i grani fini di sabbia ed il limo passando pei piccoli fori dell'estremità inferiore del tubo aspirante, e venendo in tal caso assorbiti unitamente all'acqua, s'introducono fra lo stantuffo, le pareti della tromba e le articolazioni, producono istantanee e notabili alterazioni della macchina e ben presto arrivano a renderla inoperosa. — Nelle operazioni di piccoli aggottamenti le trombe si mettono in movimento a braccia d'uomini, e si ha ricorso all'impiego di grossi quadrupedi, di correnti d'acqua e del vapore quando si ha da sollevare molta acqua ad una grande altezza.

Stando a quanto vien riferito da molti distinti autori, Belidor, Perronet, Gauthey, Hachette, Boistard, ecc., si possono classificare gli apparati idrovori maggiormente usati nelle costruzioni nel seguente ordine di preminenza relativamente all'effetto utile che somministrano: timpano a diaframmi ricurvi; noria; gotazza a castello; bindolo verticale; coclee idrovore; trombe; bindolo inclinato; secchie ed altri strumenti a mano.

186. Fondazioni su sabbia bollente. — Si dà il nome di *sabbia bollente* a qualsiasi strato di rena, la quale, quando si scopre anche per una piccola altezza, si sposta, presenta degli scoscendimenti e delle dilamazioni laterali per le acque derivanti da sorgenti che in certo qual modo la fanno bollire. La sabbia bollente trovasi ben soventi sopra uno strato di terra argillosa, e sotto un altro di terra vegetale un po' sabbiosa attraverso della quale trapela l'acqua, che, arrestata dallo strato d'argilla, si mescola colla sabbia che finisce per diventare fluida ed a colare con essa allorquando le si dia uno sfogo con un'escavazione qualunque. Le fondazioni murali in simili terreni risultano di difficile esecuzione e, quando la natura del fondo e l'indole della costruzione da fondarsi sono tali da non richiedere che vengano esse di molto affondate si possono adottare i processi che immediatamente vengono esposti.

Segnate le tracce dei fondamenti, si dia mano all'esecuzione di uno scavo affondandolo fino al sito in cui incominciano a manifestarsi le sorgenti, e per una lunghezza eguale a quella del fondamento che sarà possibile di costrurre nella giornata. Fatto questo, una squadra di scavatori affondi lo scavo già fatto fino alla profondità a cui si vorrà stabilire il fondamento, diminuita della grossezza del primo filare di pietre, e quest'affondamento si prolunghi di circa metri 1,50. Allora una squadra di muratori, lavorando di fronte nel senso della larghezza della fossa praticata, scavi il sito di posatura del primo filare e disponga successivamente le pietre in questa specie di cassa senza malta, in guisa da costruire dei filari nel senso della larghezza del muro, avendo cura di assettarle il meglio possibile, di batterle gagliardamente con una mazzaranga ferrata, di calzarne le commessure con frantumi della stessa pietra e poi di ricoprirle di uno strato di buona malta idraulica, empiendone bene i vuoti. Quando questa squadra di muratori avrà fatta una lunghezza di metri 0,60 a metri 0,70 di questo filare di fondo, una seconda squadra poserà un secondo corso di muratura colle pietre a commessure alternate sul primo;

e quando anche questo secondo corso troverassi già eseguito per una lunghezza di metri 0,60 a metri 0,70 una terza squadra di muratori si metterà all'esecuzione di un terzo corso e così procederà il lavoro, essendovi sempre una squadra di scavatori, a distanza di circa metri 1,30 della prima squadra di muratori e quindi tre o anche più squadre di muratori a distanze l'una dall'altra di circa metri 0,60 a metri 0,70. — In questi lavori bisogna sempre impiegare buona malta idraulica e lavorare colla massima sollecitudine possibile onde mettersi al riparo degli avvallamenti e delle inondazioni delle sorgenti.

Il Belidor ha suggerito il metodo delle fondazioni con cofani che consiste: nell'aprire ad una conveniente profondità uno scavo della lunghezza di metri 1,30 a 1,60 e con larghezza regolata dalla grossezza che devono avere i fondamenti; nel rivestire le pareti di questo scavo con tavoloni tenuti saldi da forti sbadacchi cacciati a forza onde impedire gli scoscendimenti; nell'empire il cofano con buon muramento idraulico togliendo gli sbadacchi di mano in mano che si trovano appoggiati al muro; nell'aprire un nuovo cavo a fianco di quello già eseguito armandone le pareti di tavoloni come si è fatto pel primo e riempiendolo pure di buon muramento; e così continuare a stabilire ed a riempire diversi cofani l'uno di seguito all'altro. Quando è già compinto lo stabilimento di tre o quattro cofani e che sufficientemente bene sonosi consolidati i muri dei primi getti, si cerca di togliere i tavoloni onde servirsene altrove, lasciando quelli che potrebbero dar sfogo ad una sorgente, qualora venissero tolti.

Quanto si è detto al numero 49 relativamente agli sterri in terreni attraversati dalle acque ed al modo di prosciugarli somministra evidentemente un metodo atto a facilitare le fondazioni su sabbia bollente anche nelle circostanze di grandi difficoltà.

*187. **Fondazioni su suoli resistenti mediante cassoni senza fondo.** — Raggiunto col mezzo di opportuni apparati effossori (num. 46, 47 e 48) il fondo resistente e ridotta per quanto si può orizzontale la base su cui devono essere impiantate le fondazioni, si farà discendere sovr'essa un cassone senza fondo in legno od in metallo nel quale, mediante opportuni apparecchi (num. 136), si colerà uno strato di calcestruzzo sufficientemente alto da poter servire come di fondo al cassone, per quindi espellerne l'acqua mediante convenienti apparati idrovori (num. 185), e poi procedere a lavorarvi dentro come nello spazio circondato da una tura. — Quando il cassone deve essere abbassato sulla roccia mediante

accurati sondaggi, conviene rilevare il profilo del fondo nel sito in cui devono cadere le sponde del cassone medesimo, e per quanto riesce possibile tagliarle inferiormente in modo che trovino un ben stabile assettamento.

Al ponte di Nogent-sur-Marne (*Annales des ponts et chaussées:* anno 1856) l'ingegnere Pluyette fece uso di un cassone in lamiera di ferro per la fondazione delle pile; ed al ponte di Saint-Michel a Parigi l'ingegnere Vaudrey adoperò per lo stesso scopo un cassone in legno del sistema Beaudemolin, lungo inferiormente metri 38,22 e superiormente 36,34, largo inferiormente metri 6,23 e superiormente 4,34 ed alto metri 4,80.

La figura 185, mediante una porzione di sezione longitudinale e mediante una sezione traversale, dà un'idea del modo con cui si fanno i cassoni in legname senza fondo. Dei travicelli di legno forte, colla sezione quadrata di metri 0,15 a metri 0,20, posti in tutti i vertici del cassone e sulle pareti a distanza di circa 2 metri da asse ad asse e rilegati internamente ed esternamente da due o tre ordini di filagne F, e di contro filagne F' pure di legno forte, della riquadratura di metri 0,25 a 0,30, poste a distanza reciproca di metri 1,50 a 2 metri, lievemente intagliate, dove si uniscono ai travetti e con questi inchiavardate, formano l'ossatura dei cassoni senza fondo; delle tavole poi con spessore non minore di metri 0,05, tagliate a forma di cuneo alla loro estremità inferiore e che si cacciano tra le filagne nel modo indicato dalla citata figura servono a ritenere il calcestruzzo che in essi vien colato. L'ordine infimo di filagne non deve distare dalle estremità inferiori dei pali più di metri 0,60 a 0,80. Siccome poi l'altezza dei cassoni senza fondo deve essere tale da trovarsi il loro bordo superiore al di sopra del livello delle acque in cui vengono immersi, se pure vuolsi rendere possibile di poter lavorare in essi come in una tura, bisogna procurare che le loro sponde siano impermeabili per la parte che rimarrà al di sopra del calcestruzzo, la qual cosa si può ottenere ponendo fra i due ordini supremi di filagne un secondo intavolato formato con assi dello spessore di circa metri 0,03, orizzontalmente posti per lunghezza ed a giunti coperti da asserelli, inchiodati coll'interposizione di sostanze atte ad impedire le minime filtrazioni.

I cassoni si preparano ordinariamente sul cantiere, e la loro immersione si fa portandoli intieri sul luogo in cui devono essere immersi se non sono di eccessivo volume e di straordinario peso, sostenendoli mediante opportune macchine che servono ad elevare

e ad abbassare pesi (num. 146 e 147), caricandoli per rendere possibile la loro immersione, e lasciandoli cadere adagio adagio finchè posano precisamente a sito. — Che se i cassoni sono di straordinaria mole, si portano i diversi pezzi costituenti la loro ossatura sul luogo dell'impiego, si mettono assieme e a poco a poco, traendo partito delle opportune macchine destinate a sostenere ad elevare e ad abbassare pesi, si fanno immergere le parti già costituite. Prima che tutta l'ossatura sia immersa bisogna pensare a porre fra i due ordini supremi di filagne l'intavolato impermeabile all'acqua, ed è dopo la totale sua immersione che si procede ordinariamente a formare le pareti cacciando le tavole fra i diversi ordini di filagne. Le manovre necessarie all'immersione dei cassoni si eseguiscono, stando su un ponte di servizio oppure sopra barche, ed è su tali apparati che si trova pure lo stabilimento delle macchine.

Nelle acque correnti ed in quelle soggette ad essere agitate, appena il cassone si trova al giusto sito, si circonda tutto all'intorno con una gettata G di grosse pietre che quasi arrivi fino a raggiungere il secondo ordine di filagne, e per fare questa gettata si impiegano ordinariamente le pietre stesse che servirono per l'operazione di affondamento.

I cassoni si riempiono generalmente di calcestruzzo fino ad un piano OO' posto all'altezza di circa metri 0,50 al di sotto del livello delle acque, dopo si procede all'operazione di aggottamento che quasi sempre vien fatta con trombe, e lavorando all'asciutto si eleva la muratura fin fuori d'acqua. Fatto questo si taglia il cassone tutto all'ingiro in modo che sporga di soli pochi centimetri al di sopra della superficie superiore del calcestruzzo.

Nella formazione dei cassoni senza fondo può presentarsi il caso di unire due filagne di punta e si adotterà (*fig.* 166) la congiunzione *a dente semplice in isquadro* consolidata da chiavarda che dovrà rimanere disposta perpendicolarmente alla parete del cassone.

Il metodo di fondazione con cassoni senza fondo torna in generale vantaggioso in tutte le circostanze, nelle quali si trova un fondo resistente al di sotto del fango e della sabbia mobile esistente nei terreni sommersi, ed a profondità non maggiore di 4 a 5 metri al di sotto delle acque.

188. Fondazioni con casseri. — Allorquando presentasi la circostanza di incontrare un fondo sodo a profondità non maggiore di 4 metri sotto il livello delle acque, ma tale da permettere l'affondamento di pali e di palanche, torna generalmente vantaggioso il sistema di fondazioni con casseri. Questo sistema, siccome in sezione

trasversale appare dalla figura 186, rappresentante per metà un cassero vuoto e per l'altra metà un cassero pieno, consiste nel circuire il sito in cui vuolsi fare l'impianto delle fondazioni mediante una paratia costituita da pali P piantati con distanze da 1 a 2 metri da asse ad asse e da palanche verticalmente conficcate nel terreno fra detti pali con grossezza da metri 0,08 a metri 0,12. Le palanche ed i pali vengono tagliati allo stesso livello di poco al di sopra delle acque magre, ed un ordine di filagne F e di controfilagne F′, della riquadratura di metri 0,18 a 0,25 per metri 0,22 a 0,30, fermate alla sommità dei pali nel modo indicato al numero 180 e come appare dalle figure 172 e 173, nel mentre serve di guida al piantamento delle palanche torna efficace ad ottenere un tutto assieme ben solido. Le coste delle palanche ben difficilmente si lasciano piane, ma più di frequente si tagliano, siccome in proiezione orizzontale appare dalle figure 187 e 188 perchè per tale disposizione si arriva a rendere ben unite le pareti del cassero. Una volta costrutto il cassero, si dà mano a scavare lo spazio in esso circuito per togliere il fango e l'arena mobile che generalmente trovasi alla superficie dei terreni sommersi e per raggiungere un fondo abbastanza resistente. Dopo si riempie il cassero di calcestruzzo fino all'altezza fissata pel posamento del primo strato di muratura. Una gettata G di grosse pietre torna generalmente utile per difendere le pareti del cassero contro la violenza delle acque correnti.

Le fondazioni a casseri col sistema or ora indicato sono al giorno d'oggi di un uso frequentissimo nelle fondazioni delle pile dei ponti, e basta visitare le molte e grandi costruzioni che di recente vennero eseguite e che sono ancora in costruzione nell'Italia onde trovarne numerosi esempli.

In quelle circostanze in cui occorre d'incontrare uno strato piuttosto alto di terreno mal fermo non può riuscire il metodo di fondazione ora esposto, imperocchè troppo difficile risulterebbero, e l'affondamento dei casseri fino a raggiungere il fondo sodo, e gli sterri profondi che in essi si dovrebbero fare. In tali circostanze, purchè il fondo buono si trovi a profondità non maggiore di metri 12 al di sotto delle acque magre, si può procedere all'esecuzione del cassero come nel numero precedente si è indicato e scavare il terreno in esso contenuto per 1 a 3 metri di profondità sotto il piano orizzontale che superiormente lo termina. Dopo si pianteranno dei pali (num. 163, 164, 165, 166, 167, 168, 181 e 182) nello spazio circondato dal cassero, disponendoli per file regolari, a giuste distanze, e tagliandoli allo stesso livello in modo che colle

loro teste vengano a internarsi nel mezzo del calcestruzzo da porsi nel cassero per circa 1/3 della sua altezza. Finalmente si riempirà tutto il cassero di calcestruzzo per poi procedere ad impiantarvi sopra l'opera murale da farsi.

La figura 189 rappresenta la sezione trasversale di un fondamento con cassero e palificata. Questo sistema di fondazioni è di uso continuo nelle fondazioni delle spalle e delle pile dei ponti, e fra i molti esempli esistenti mi basterà di citare il ponte sul fiume Po presso Moncalieri, quello sul torrente Bormida presso Alessandria lungo la linea ferrata da Torino a Genova, il ponte sul Ticino presso Pavia per la linea ferrata da Milano a Torre Berretti, ed i principali ponti-canali lungo il canale Cavour. Al ponte sulla Bidassoa (frontiera della Spagna) lungo la linea da Bayonne ad Irun si applicò lo stesso sistema per raggiungere un fondo sodo, attraversando in alcuni luoghi ben oltre 10 metri di terreno sommerso e d'indole mal ferma.

189. **Fondazioni su castelli di legname.** — Un sistema di fondazioni, analogo a quello di cui si è parlato al numero 163, può in alcune circostanze essere adoperato per opere idrauliche senza prima porre all'asciutto i siti in cui i fondamenti devono essere stabiliti.

Piantati i pali in file ben regolari stabiliendo i battipali su ponti di servizio o su banche, operato mediante opportune seghe il loro scapezzamento ad uno stesso livello di poco inferiore a quello delle acque magre, e preparato un apposito zatterone di quercia o di larice rosso, della forma di quello descritto al numero 177 e rappresentato in proiezione orizzontale colla figura 163, si trasporti questo sia a fiotto, sia con una zattera sul luogo della fondazione, si faccia affondare nell'acqua in modo che le intersezioni delle travi longitudinali colle travi trasversali cadano sulle teste dei pali, e finalmente si fermi a questi mediante caviglie di ferro intruse nei buchi preventivamente praticati. Per la battitura di queste caviglie si fa uso di una verga, o paletto di ferro, alquanto più lunga della distanza che passa dal pelo dell'acqua al piano del zatterone, ed introdotta ciascuna caviglia nel foro già preparato, si applica sulla testa della medesima un'estremità del paletto, e vi si tien fermo intanto che, mantenendo il paletto in positura verticale, si percuote con pesante martello l'altra sua estremità sporgente dall'acqua, mandando giù a furia di colpi la caviglia, finchè sia totalmente conficcata. Siccome però è ben difficile che l'affondamento dei pali succeda con tale esattezza che le caviglie piantate nel luogo cen-

trale delle intersezioni delle travi longitudinali colle travi trasversali vadano proprio a piantarsi nella testa del palo in direzione del suo asse, conviene fare il zatterone con legnami di lunghezza piuttosto grande, e fare in modo che detta dimensione sia da metri 0,35 a metri 0,40. Se poi le teste dei pali risultassero sì male allincate da non bastare l'indicata precauzione ad eliminare il pericolo di un instabile appoggio, con ogni cura bisognerà fare il rilevamento planimetrico dei centri delle loro teste, e prepararsi il zatterone in conformità delle indicazioni che sarà per somministrare questo rilevamento. — Una volta calato a fondo e fissato sulle teste dei pali il zatterone, si darà mano all'esecuzione della scogliera di rinforzo, che sarà analoga a quella rappresentata nella figura 152, e che si farà o con pietre a secco o con calcestruzzo per guisa che tutti gli specchi siano ben pieni di muramento. Dopo si poserà la piattaforma, la quale verrà preparata fuori d'acqua unendo i tavoloni a maschio e femmina e traforandola per gli opportuni inchiodamenti necessarii a porla in opera, e poi gettata nell'acqua e condotta al suo posto per adattarla sul zatterone, al quale verrà fermata battendo i chiodi come sonosi battute le caviglie.

Se i dorsi delle travi longitudinali sono rilevati su quelli delle travi trasversali nel modo espresso dalla già citata figura 152, bisogna collocare i tavoloni ad uno ad uno dopo d'averli prima tagliati giustamente e d'avervi fatti i fori pei chiodi, i quali si conficcano coll'artifizio già indicato.

Qualora la piattaforma non dovesse appoggiare su un zatterone formato di travi longitudinali e di travi trasversali, ma sibbene soltanto sopra filari paralleli di travi o correnti sostenute dai pali, si potrebbe formare prima fuori dell'acqua l'unione della piattaforma e dei correnti, per collocare quindi in opera tutto ad un tempo il composto nel modo poc'anzi spiegato, oppure calare prima a fondo ciascun corrente su ciascuna fila di pali, e quindi tutti assieme porre in opera i tavoloni della piattaforma dopo d'averli anticipatamente accozzati in luogo asciutto. Il secondo procedimento è preferibile quando l'affondamento dei pali non è stato eseguito con precisione, perchè meglio permette di schivare che i correnti vengano posti in falso.

190. Fondazioni con cassoni. — Questo sistema consiste nel prepararsi un cassone impermeabile all'acqua con fondo piano assai resistente e con sponde laterali suscettibili di essere tolte allorquando il lavoro sarà terminato. Questo cassone, a guisa di una barca a fondo piatto, si conduce sul luogo in cui deve essere im-

piegato e quindi si fa affondare, sia incominciando dall'elevare in esso la muratura che deve costituire la fondazione murale, sia caricandolo di pietre che poi vengono impiegate di mano in mano del progresso del lavoro, sia lasciandovi entrare dell'acqua quando si trova a poca distanza dal suolo che lo deve ricevere onde convenientemente terminare l'affondamento a volontà. Una volta il cassone affondato, si eleva la muratura già incominciata e si fa così una fondazione subacquea lavorando all'asciutto. Allorquando il terreno che deve ricevere la fondazione è incompressibile, basta di scavarlo nel sito in cui il cassone deve essere affondato onde ridurne la sua superficie ad un piano orizzontale; più di frequente però, attesa la resistenza non sufficiente del fondo su cui va elevata la fondazione, si piantano dei pali che vengono poi tagliati ad un medesimo livello mediante seghe speciali, si riempie di pietre poste a secco lo spazio che fra essi rimane, e quindi si fa affondare il cassone sulle loro teste.

La figura 190, mediante una porzione di sezione longitudinale e mediante una sezione trasversale, dà la rappresentazione dell'assieme di un cassone per fondamenti quando già trovasi in opera su una palificata; la figura 191 rappresenta in sezione trasversale ed in proiezione orizzontale come sono uniti i pezzi costituenti il fondo; e la figura 192, mercè una sezione trasversale e l'elevazione, fa vedere qual è il congiungimento dei pezzi formanti le sponde o fianchi. Il fondo è costituito da una robusta intelaiatura, formata da travi perimetrali P e da travi trasversali T che si congiungono tra loro a maschio e femmina e che appoggiano sulle teste dei pali, non che da tavoloni t uniti ad incanalatura e linguetta. Le sponde sono composte di ritti R piantati nelle travi perimetrali del fondo, ed è da scanalature praticate in detti ritti che sono ritenuti i tavoloni orizzontalmente disposti per lunghezza e formanti le pareti del cassone. I ritti opposti sono due a due rilegati fra loro da travature o catene orizzontali C che mantengono unito tutto il sistema, e dette catene sono attraversate alle loro estremità da tiranti in ferro f che, attaccati in basso ad un uncino u, sono superiormente tesi mediante una madrevite m. In grazia di questa disposizione, una volta che il cassone abbia servito per elevare la costruzione murale fino al disopra del pelo dell'acqua, togliendo le madreviti poste all'estremità superiore di ciascun tirante, si possono levare le catene orizzontali e quindi le sponde laterali, lasciando solamente il fondo. Nelle ordinarie circostanze le travi del fondo, i ritti e le catene hanno generalmente la loro

sezione trasversale di metri 0,20 a metri 0,35, i tavoloni hanno spessore oscillante fra metri 0,08 e metri 0,12, ed i ritti sono generalmente posti a distanza di metri 1,50 a metri 2 da asse ad asse.

I cassoni che vennero costrutti in parecchie luminose circostanze non presentavano tutti la struttura sopra accennata. Soventi quelli che direttamente dovevano appoggiare sul terreno resistente avevano l'intelaiatura del loro fondo costituita da travi longitudinali e trasversali combinati in modo analogo a quanto venne detto (num. 177) per la costruzione dei zatteroni; per quelli che dovevano appoggiare su una palificata, nell'intento di porsi al sicuro contro gli inconvenienti derivanti dal non aver piantati i pali per file ben allineate, di frequente si prese il partito di costituire il loro fondo con una serie di correnti accostati l'uno all'altro, incassati all'intorno in un zoccolo unito a guisa di telaio ed incatenati da vari ordini di traverse, e di omettere il rivestimento di tavoloni che diventava inutile quando le unioni dei correnti venivano fatte ad esatto combacimento e calafatate in modo che l'acqua non vi si potesse insinuare.

Un'operazione facile ad eseguirsi finchè trattasi di piccoli cassoni, e che può presentare delle serie difficoltà allorquando trattasi di grandi cassoni, è la loro immersione nell'acqua. Nel fare questa operazione per cassoni molto lunghi, accuratamente bisogna badare a che non vengano essi ad appoggiare solamente per le due estremità, perchè potrebbero inarcarsi e derivarne dei grandi danni pel fatto di quest'inarcamento; e quindi in generale, salvo che si adoperino degli opportuni apparati, è da ritenersi utile la pratica di spingere i cassoni nell'acqua in direzione della loro larghezza. — Dovendosi immergere dei cassoni in mare, ove in grande succedono i fenomeni della marea, si può dei medesimi trar partito per agevolare l'operazione ad imitazione di quanto fece il De Cessart (*Description des travaux hydrauliques*, vol. II, sez. I, art. IX). — Nelle acque che costantemente si mantengono ad una ragguardevole altezza riesce spedito e sicuro il metodo di varamento stato messo in uso per le fondazioni della forma di Tolone ed esposto dal Gauthey, il quale consiste nel costrurre entro l'acqua una zattera formata di molte botti vuote, riunite assieme mediante travi d'abete, sulla quale si fabbrica il cassone; sturando le botti, tirando con forza le funi che appositamente si legano ai turacci delle medesime, si riempiono esse d'acqua, si sommerge la zattera, ed il cassone rimane libero a galla. — Dove non può riuscire vantaggioso l'ultimo indicato processo sia a motivo dell'incostanza a cui mantiensi il

livello dell'acqua talvolta soggetto ad abbassarsi di molto, sia per difficoltà a cui si può andare incontro lavorando su una zattera, sulla riva e con declivio verso l'acqua in cui il cassone deve essere gettato si può costrurre un castello in legname, ed addossare a questo un robusto palco orizzontale i cui membri si possano agevolmente far venire in contatto del castello inclinato mediante zeppe e tacchi sottoposti: il cassone verrà fatto sul palco orizzontale e, una volta costrutto, si toglieranno regolarmente le zeppe ed i tacchi affinchè venga a trovarsi sopra un piano inclinato lungo il quale per se stesso discenderà nell'acqua (GAUTHEY, *Traité de la construction des ponts*, lib. IV, cap. III, sez. V.)

Allorquando le fondazioni fatte con cassoni dovranno avere una lunghezza da costringere ad una discontinuazione di muro per l'effetto dei cassoni stessi, bisognerà, dopo che i cassoni saranno riempiti, collegare fra di loro i diversi pilastri, e per quest'operazione si potrà seguire uno dei tre metodi che immediatamente seguono: o affondare fra gli intervalli dei pilastri, delle palanche che radano i paramenti colla maggior esattezza possibile, per immergere nella paratìa formata in questo modo del calcestruzzo che, prendendo consistenza, unirà e collegherà tanto più questi intervalli, quanto maggiore sarà stata la cura di lasciare delle morse in ciascun fianco dei pilastri; o praticare, per quanto più è possibile al disotto del pelo dell'acqua, una piccola vôlta impostata sui fianchi di due pilastri contigui e poi continuare il muramento soprapposto: oppure ancora, essendo stati affondati due cassoni contigui di pianta rettangolare in modo da non lasciare fra i loro zoccoli un intervallo maggiore di metri 0,25 a metri 0,30, chiudere esattamente detto intervallo con una trave ravvolta in un telo di lana inzuppato d'olio, unire i fianchi paralleli alle fronti mediante tavoloni fatti entrare in scanalature appositamente lasciate nei ritti d'angolo dei cassoni, staccare i fianchi da cui è intersecato lo spazio da riempirsi, fare delle piccole chiuse con terra argillosa tra i fianchi esistenti dei cassoni e le fronti dei piloni murali da riunirsi, far battere uno strato della stessa terra argillosa sulle congiunzioni dei fondi per impedire le filtrazioni, e finalmente estrarre l'acqua racchiusa nello spazio così limitato onde porsi in condizioni di operare la voluta congiunzione all'asciutto, terminata la quale si possono levare tutti i fianchi dei cassoni che ancora rimangono.

Sono opere rimarchevoli in cui vennero impiegate le fondazioni con cassoni, la costruzione del muro di riva al porto di Tolone, i fondamenti del ponte di Westminster e molti altri lavori riportati

dal Belidor (*Architecture hydraulique*, parte III, lib. III, cap. XI) che tutti coincidono nell'avere comune il fatto di giacere i cassoni sopra un semplice letto naturale di materia soda. Il De Cessart fu il primo a tentare lo stabilimento delle fondazioni a cassoni su palificate all'occasione di erigere il ponte di Saumur: dopo questa prova si fondarono nella stessa maniera la riva murata di Rouen, il ponte di Louvre, quello d'Austerlitz, quello di Jena, quello d'Alma e molti altri dei giganteschi ponti stati costrutti in questo secolo, la cui enumerazione risulterebbe eccessivamente prolissa.

191. Scapezzamento dei pali allo stesso livello e mezzi di fare quest'operazione sott'acqua — In tutte le fondazioni subacquee in cui devesi far uso di palificate, salvo il caso che si abbia ricorso al partito delle ture, è necessario di tagliare i pali in modo che le loro teste siano allo stesso livello sotto la superficie dell'acqua. Questa necessità conduce ad un'operazione la quale in alcune circostanze può risultare piuttosto difficile, che talvolta si può eseguire mediante un lungo *scarpello*, ma che più comodamente si fa mediante apposite *seghe*.

Lo *scarpello* che può servire alla recisione dei pali sott'acqua non differisce dagli scarpelli usuali se non che per la sua maggior grandezza. Esso è fissato all'estremità d'un manico di legno lungo talvolta fino a sei o sette metri; l'estremità del manico opposta a quella in cui trovasi fermato lo scarpello è rinforzata da un robusto cerchio in ferro; ed un anello pure in ferro è attacato allo scarpello dove in esso si innesta il manico. — La manovra del descritto strumento viene ordinariamente eseguita da cinque uomini montati sopra un palco, oppure sopra una zattera o sopra una barca ormeggiata in opportuno sito. Prima di tutto, mediante un'asta graduata ed un livello opportunamente messo in stazione, si determina a qual profondità il palo deve essere reciso; dopo si cala lo scarpello facendolo arrivare col suo tagliente al sito giusto col prendere per guida la graduazione che trovasi sopra una corda la quale dall'anello sopra accennato viene alle mani di uno dei quattro operatori. Fatto questo si ferma la fune al palco o alla zattera o alla barca, affinchè lo scarpello non possa discendere oltre, e quindi l'uomo destinato a dirigere l'operazione impugna il manico e, inclinandolo convenientemente, tiene spinto il taglio dello scarpello contro il palo, mentre gli altri quattro percuotono con un mazzapicchio l'estremità superiore del manico, e così, volgendosi di mano in mano opportunamente la lama intorno al palo e reiterandosi i colpi, si viene alla fine a troncare il palo alla stabilita profon-

dità. Si pretende dal Borgnis che con questo metodo si possano radere dei grossi pali sotto un'altezza d'acqua di 5 ed anche di 6 metri; il risultato però che ottiensi è generalmente poco soddisfacente, giacchè non mai le teste dei pali risultano perfettamente piane, ed in generale sono molto più vantaggiose le seghe.

Finchè lo scapezzamento dei pali va fatto a poca profondità sott'acqua, può, nel maggior numero dei casi, bastare una semplicissima sega rettilinea armata su un telaio in modo da risultare orizzontale la lama tagliente, quando i tre pezzi principali del telaio sono uno pure orizzontale e gli altri due verticali. — Una sega siffatta può essere manovrata da due, da tre o da quattro uomini, e può essere impiegata sotto altezze d'acqua non maggiori di 1 metro. Prima di operare si determina il sito in cui deve essere fatto il taglio discendendo fino ad esso l'estremo di un asta graduata, si mette in questo sito la lama tenendola orizzontalmente, e quindi gli operai tirandola innanzi e spingendola indietro effettuano il voluto scapezzamento.

Per operare più esattamente ed anche per raggiungere profondità maggiori di 1, ma minori di 3 metri, si può impiegare una *sega a castello*. Quest'apparato, posto in istato d'azione, ha la sega orizzontalmente situata all'estremità inferiore di un telaio, formato di due membri verticali o ritti e di un'asta superiore orizzontale di ferro, la quale, avendo le sue estremità fatte a vite, infilate nelle rispettive madreviti inerenti alle sommità dei ritti e lavorate in senso contrario l'una dall'altra, secondo che viene girata per un verso oppure pel verso contrario tira le estremità dei ritti ad avvicinarsi oppure ad allontanarsi l'una dall'altra. Il detto telaio su cui è montata la sega è sostenuto da due stanghe orizzontali disposte normalmente al piano costituito dagli assi dei due ritti, congiunte ad essi ad eguale altezza mediante due fibbie di legno o di ferro, e formanti telaio con tre traverse orizzontali cui saldamente trovansi unite ad incastro. Alla media poi di tali traverse sono fermati i due ritti mediante un pezzo di ferro foggiato a squadra che ha il suo vertice fissato alla metà di detta traversa media ed ai due ritti le estremità dei suoi bracci eguali in lunghezza. Questa squadra ha per iscopo di rendere invariabile la scambievole distanza dei ritti nella linea secondo cui ad essi si congiunge, e fa in modo che nel girare da una parte o dall'altra dell'asta superiore del telaio verticale si possa, a seconda del bisogno, tendere o allentare la sega. Due telai, od armature di ferro, attaccati alle stanghe orizzontali cui sono annessi i due ritti e disposti

in due piani egualmente ed in senso inverso inclinati per rapporto all'orizzonte, portano ciascuno un'asta orizzontale parimenti di ferro destinata a servire d'impugnatura, affinchè alternativamente l'apparato possa essere spinto innanzi ed indietro da sei persone applicate tre per parte. La macchina deve essere posta su un paleo, direttamente appoggiare colle sue traverse sopra due guide superiormente lavorate a superficie cilindrica, e poter liberamente scorrere su dette guide con moto alternativo rettilineo. Alle due estremità inferiori dei ritti, fra i quali è contenuta la sega colla sua lama orizzontalmente disposta, e dalla parte verso cui trovansi i denti, sono attaccati due pezzi di fune, che si riuniscono in un sol capo il quale è tenuto in mano da un carpentiere direttore della manovra. — Per adoperare il descritto apparato, si pone la sega a segno contro il palo che vuolsi recidere, si imprime al sistema un movimento alternativo, e quindi alla lama della sega, la quale essendo spinta contro il palo dal capo carpentiere che a tal uopo tira costantemente la fune, deve necessariamente finire per produrre la recisione del palo su cui si è fatta agire.

Per operare il taglio dei pali di fondazione ad una profondità anche maggiore di 3 metri sotto la superficie dell'acqua, si può trar partito di una sega foggiata come quella che seppero immaginare i valentissimi costruttori De Voglio e De Cessart, la quale, quantunque apparentemente troppo complicata, è però tale che, al dir del Gauthey, ben difficilmente se ne potrebbe ideare un'altra capace di produrre un miglior effetto. I più dettagliati ragguagli sulla composizione e sul modo di agire di quest'ingegnosa macchina si possono trovare nelle opere del De Cessart (*Traité élémentaire des machines*, cap. III, art. 45 e seg.), dell'Hachette (*Machines employées dans les constructions*, lib. II, cap. V) e del Borgnis (*Le Sage — Recueil des mémoires sur le ponts et chaussées*, 1810, tom. II, pag. 234), e credesi sufficiente di qui esporre con brevità la sola disposizione ed il solo giuoco degli organi essenziali di cui essa si compone. — Il meccanismo principale, contenuto in una piattaforma metallica destinata a giacere orizzontalmente immersa nell'acqua al livello in cui deve essere eseguita la recisione dei pali, consiste in due leve piegate a gomito dove esistono i loro fulcri, intorno ai quali possono orizzontalmente girare, simmetricamente poste rispetto all'asse della piattaforma e portanti alle estremità dei bracci anteriori due anelli allungati, dentro i quali sono mobili due perni verticali, inerenti ai due fianchi del telaio della sega, formato di una parte quasi semicircolare chiusa secondo

il diametro dalla lama, e di una spranga posteriore che, mediante tre altri perni verticali, può scorrere innanzi ed indietro lungo una traversa spaccata. Le estremità posteriori delle indicate leve sono infilate in anelli esistenti ai due capi di un regolo, capace di scorrere con movimento rettilineo alternativo in una scanalatura disposta parallelamente alla lama tagliente, cosicchè, imprimendo il movimento alternativo rettilineo al detto regolo, ne deriva un movimento circolare alternativo tanto nei bracci posteriori quanto nei bracci anteriori delle leve, e quindi un movimento alternativo rettilineo al telaio ed all'annessa sega. Le leve, per essere costantemente mantenute in un piano orizzontale, per risultare facili a muoversi e contemporaneamente affinchè non si trovino soggette ad inflettersi, sono munite di mobilissime ruotelle mediante le quali appoggiano sulla piattaforma. Gli anelli poi situati agli estremi dei bracci anteriori delle leve devono presentare tale curvatura interna, che i due perni del telaio che in essi scorrono, sieno costantemente spinti in direzione parallela alla lama della sega. La piattaforma, allorquando si vuol far funzionare la macchina, viene fermata al palo che deve essere reciso mediante due branche le quali possono essere aperte o chiuse a piacimento. La sega poi deve costantemente essere spinta contro il palo che col suo movimento rettilineo alternativo incide, affinchè possa a poco a poco penetrarlo e reciderlo. A tal uopo è destinato il meccanismo di due ruote dentate e di due dentiere, le prime stabilmente disposte fra due traverse fisse alla piattaforma e mobili intorno a due assi verticali, le seconde costituenti due bracci d'un telaio unito ai fulcri delle due leve e costituenti con essi, e col telaio della sega, un sistema capace di muoversi con moto progressivo verso il palo che si sta tagliando, senza che possa deviare nè da un lato nè dall'altro. — Il descritto apparato vien messo in azione mediante manovre eseguite da un palco stabilito fuori d'acqua al disopra dei pali da tagliarsi, sostenendolo con quattro aste verticali, ciascuna delle quali superiormente porta una dentiera, affinchè facilmente si possa innalzare o abbassare mediante un apposito ingranaggio stabilito sul palco stesso. Allorquando la sega è portata a segno innalzando o abbassando convenientemente le dette aste e facendo scorrere il palco su appositi rulli, mediante due altre aste verticali, convenientemente girate con un braccio di leva di cui ciascuna va munita, si fa in modo che le due branche stringano il palo. Ciò fatto, quattro operai applicati due ad uno e due ad un altro manubrio orizzontale, tirano e spingono alternativamente detti manubri, il qual movimento

mercè un sistema di leve serve a produrre il moto alternativo rettilineo a quel regolo della piattaforma che imprime un analogo movimento alla sega: all'avanzamento di questa poi serve un manubrio orizzontale il quale convenientemente girato dall'operaio capo-squadra, per essere unito ad un'asta verticale che è il prolungamento dell'asta di una delle due ruote dentate poste sulla piattaforma, promuove il giuoco delle stesse ruote dentate e delle dentiere per tenere continuamente spiuta la sega contro il palo che essa deve recidere.

Invece di seghe rettilinee si possono anche impiegare delle seghe circolari per lo scapezzamento dei pali sott'acqua; il meccanismo può essere combinato in diversi modi, ed eccone uno che non può mancare di condurre a buonissimi risultati. Si immagini un carretto a quattro ruote scorrevole su un binario di rotaie stabilite sul ponte di servizio, da cui siano portate quattro aste verticali colle loro estremità superiori lavorate a vite affinchè, mediante opportune chiocciole munite di manubri appoggiati alla robusta intelaiatura del carretto, si possano dette aste innalzare o abbassare, e con esse una piattaforma destinata a rimanere sott'acqua ed orizzontale quando l'apparato funziona. Un robusto albero verticale, girevole superiormente in un collare fissato al centro del fondo del carretto ed inferiormente in un altro collare fissato alla piattaforma, porti la sega circolare in guisa che essa rimanga sotto la piattaforma, la quale presenterà anteriormente uno smanco addentrantesi fin quasi al collare che porta l'albero della sega, scoprente una parte della sega stessa e destinato a ricevere ed a ritenere la testa del palo da tagliarsi. La sommità dell'albero sarà foggiata a guisa di testa d'argano per ricevere delle stanghe orizzontali, a cui si applicherà quel numero di uomini che crederassi conveniente ad indurre in esso e nella sega che porta il voluto movimento rotatorio. L'avanzamento dell'apparato, a misura che la sega intacca il palo, può essere eseguito mediante un volante a manubri che serve a girare un rocchetto, il quale ingrana con una ruota dentata annessa ad una delle quattro ruote del carretto e che verrà manovrato dall'operaio capo-squadra. — Per impiegare utilmente il descritto apparato conviene disporre il binario di rotaie su cui può scorrere il carretto in direzione parallela ad una fila dei pali da tagliarsi; le aste che saranno graduate si allungano o si accorciano finchè la piattaforma si trovi orizzontale colla sega al punto in cui vuolsi produrre il taglio, e quindi si continua a far avanzare il carretto finchè un'intiera fila di pali sia tagliata.

192. Costipamento dei terreni compressibili e sommersi. — Allorquando avviene il caso di dover stabilire una fondazione subacquea sopra un terreno incapace di sopportare il peso dell'edifizio da erigersi senza manifestare dei cedimenti, e quando un simile terreno si trova per un'altezza tale da non potersi raggiungere il fondo sodo mediante pali, converrà rinunciare ai metodi di fondazione finora esposti, e sottoporre innanzi tutto il terreno compressibile ad un costipamento artificiale impiegando, a seconda delle circostanze, e previo lo stabilimento di una tura, se pur si crede necessario, uno dei metodi stati esposti ai numeri 171, 172, 173 e 174, e principalmente quello di caricare l'impianto dei muri a costruirsi con un peso eguale almeno a quello dell'edifizio da sovraimporsi.

193. Fondazioni su platea generale. — Le platee generali si fanno circuendo la superficie in cui devono essere stabilite mediante paratie di cinta (num. 180), scavando nello spazio così limitato il tereno contenuto onde prepararsi una cassa a fondo orizzontale, gettando (num. 135) in essa uno strato di calcestruzzo sufficientemente alto fino quasi a raggiungere il livello delle acque, e coprendolo ben soventi con uno strato di muratura fatta con grosse pietre. Simili platee si stabiliscono su una superficie più ampia di quella coperta dell'edifizio da erigersi, cosicchè nel caso di platee generali per ponti si estendono esse sull'alveo del corso d'acqua non solo in corrispondenza della proiezione orizzontale della costruzione intiera, ma anche in a monte ed in a valle per rapporto a detta proiezione, ed è mediante gettate in grosse pietre che si difendono generalmente dai fiotti e dall'impeto delle acque correnti.

Le platee generali convengono ed offrono un modo sicuro di fondazioni sopra terreni cedevoli a motivo del riparto della pressione su un'ampia base, e sopra fondi incompressibili non abbastanza tenaci per resistere alla forza escavatrice dell'acqua in moto, quali sarebbero quelli di arena e di ghiaia. Lo spessore delle platee generali deve essere tale da non essere esse soggette a spezzarsi sotto il peso del carico che devono sopportare qualora in qualche punto venisse a mancare il terreno sottostante, e nelle acque agitate devono raggiungere quella profondità per cui non sono più temibili escavazioni con opportune gettate di difesa. Quando questa profondità risulta molto grande, e principalmente attraverso i corsi d'acqua corrente, si può fare la platea munita in a monte ed in a valle, siccome lo indica la figura 193, mediante una sezione trasversale, di due talloni T e T′, in modo che

la sua grossezza risulti alle estremità maggiore di quella che si verifica nel mezzo.

Nella fondazione del ponte d'Ain lungo la linea ferrata da Lione a Ginevra si stabilì una platea generale di calcestruzzo estendentesi per 8 metri sotto la proiezione orizzontale del ponte, per metri 3,50 in a monte e per 8 in a valle: questa platea, foggiata a guisa di archi rovesci alla superficie e coperta da un suolo di pietre alto metri 0,50, ha lo spessore di metri 1,70 sotto le pile, di metri 0,90 in corrispondenza del mezzo degli archi, ed in a valle trovasi rinforzata da un tallone alto circa 1 metro. Nella costruzione del ponte sul fiume Vomano per la ferrovia lungo il litorale Adriatico si adottò pure una platea di calcestruzzo alta metri 1,30 sotto le pile, 1 metro in corrispondenza del mezzo della luce del ponte e rinforzata in a monte ed in a valle da talloni alti rispettivamente 1 metro e 2 metri.

194. Gettate di fortificazione e di rinforzo. — Si chiamano *gettate di fortificazione* quegli ammassi di grosse pietre di cui si è parlato ai numeri 187, 188 e 193, che si stabiliscono intorno alle opere di fondazione onde difenderle contro l'impeto delle acque agitate, e si dicono *gettate di rinforzo* quelle altre di cui si è fatto cenno ai numeri 189 e 190, e che si stabiliscono pel riempimento di palificate subacquee. Le pietre da impiegarsi per queste operazioni devono essere dure, di buona qualità e di diversa grossezza, affinchè, allorquando vengono messe in opera, ben si pongano in contatto le une colle altre. Il volume delle pietre da impiegarsi in gettate di fortificazione e di rinforzo non deve in generale essere minore di metri cubi 0,050, e sempre essere proporzionato alla velocità della corrente ed alla pendenza che vuolsi assegnare alla scarpa della sassaia, in modo che dette pietre non possano essere spostate ed esportate dalla corrente: per l'economia e per la solidità dell'opera importa, per quanto si può, di impiegare massi di forma piatta per ricoprire le pareti delle gettate; le scarpe poste contro la corrente e quelle di fianco devono essere conservate secondo il naturale assettamento preso dalle pietre nell'eseguimento della sassaia, e se comunemente vien data una pendenza maggiore, questo si fa solamente nell'intento di mettere i materiali necessari ad otturare gli avvallamenti che si potrebbero formare al piede delle gettate. Il miglior mezzo per rimuovere il pericolo di avvallamenti nelle gettate si ha nell'incassarle tra paratie di pali e di palanche o, più economicamente, nell'interrare le loro basi a sufficiente profondità nel fondo su cui vengono stabilite.

195. Fondazioni a scogliera. — Le fondazioni a scogliera, dette anche fondazioni *a pietre perdute*, si adottano allorquando devesi fondare sotto masse acquee talmente profonde da riuscire inapplicabili i metodi già esposti. Queste fondazioni consistono: nello spurgare il recinto della scogliera da eseguirsi mediante opportune macchine effossorie, a fine di rimuovere la materia limacciosa, la quale renderebbe la scogliera soggetta a troppo forti e pericolosi cedimenti: nel gettare una grande quantità di pietre di mole ragguardevole sull'area di fondazione le une addosso alle altre fino ad una certa altezza sotto il livello delle acque magre; nel disporre queste pietre in modo che formino un ampio e solido zoccolo colla sua faccia superiore orizzontale o colle facce laterali inclinate almeno a 2 di base per 1 di altezza; e nello stabilire sul zoccolo così risultante dei cassoni con o senza fondo per riempirli di calcestruzzo e poi elevare superiormente la costruzione da eseguirsi.

Nella manuale esecuzione delle scogliere bisogna procurare di mandare a fondo le pietre con ordine tale che se ne formino come tanti strati orizzontali posti gli uni sugli altri. Le pietre più grosse devono essere collocate sulle sponde della scogliera, si serbano quelle di mole minore per la formazione del nucleo interno, ed il pietrame minuto viene adoperato per riempire i vani che rimangono fra una pietra e l'altra. In generale poi, trattandosi di scogliere da stabilirsi in laghi ed in mari, si possono impiegare negli strati più bassi pietre di minor volume di quelli che debbono adoperarsi più in alto, giacchè ha dimostrato l'esperienza che anche nelle più burrascose agitazioni le acque del mare si mantengono quasi in perfetta calma alla profondità di 8 metri sotto la superficie, che alla profondità di 5 a 4 metri il turbamento dell'acqua è poco sensibile, e che poi a dismisura aumenta l'impeto delle onde verso la superficie. Una volta terminata una scogliera, non devesi immediatamente procedere all'esecuzione della muratura che sopra vi deve gravitare, ma sibbene conviene aspettare che, per le scosse delle acque agitate, le pietre vengano a prendere le posizioni più confacenti al vicendevole loro contrasto e che tutto il sistema giunga ad un perfetto assettamento.

196. Fondazioni idrauliche su pali a vite. — I pali a vite si impiegano nelle fondazioni idrauliche per lo stesso scopo a cui servono i pali ordinari. Finchè si ha un ponte di servizio sul quale risulta possibile la circolazione degli operai all'intorno dei pali che si devono piantare, si adopera il metodo di piantamento stato indicato al numero 182; quando poi tale circolazione risulta difficile

o impossibile, si munisce la testa di ciascun palo che si va piantando di una grande ruota di contorno poligonale e scanalato, a cui si avvolge una corda senza fine che va a passare su una puleggia posta a qualche distanza e che, essendo tirata da operai posti su un palco esistente fra il palo che si sta piantando e la puleggia, fa girare la ruota e quindi anche il palo del quale si ottiene così l'affondamento. Con questo artifizio si possono estendere delle palate in acque agitate facendo lavorare gli operai sopra un palco che va avanzando a misura che cresce il numero dei pali piantati, e che altrimenti sarebbe stato di difficilissima o almeno di costosissima esecuzione.

197. **Fondazioni idrauliche a pozzi** — Queste fondazioni consistono nel far riposare degli archi, un zatterone o una piattaforma di legname, e talvolta anche una piattaforma metallica, sopra una serie di colonne cilindriche affondate con un procedimento in tutto analogo al secondo dei due stati descritti al numero 162. Perciò si costruisce fuori d'acqua, su una robusta corona metallica, ed in muratura di mattoni e cemento, una scorza cilindrica col diametro esteriore eguale a quello della colonna che vuolsi fondare e collo spessore di circa metri 0,50. Quest'anello murale elevato al di sopra d'un tavolato galleggiante, si lascia immergere per proprio peso, prima che tocchi il fondo si toglie il tavolato che lo sostiene e si fa in modo che verticalmente insista sul terreno nel quale vuolsi stabilire una colonna di fondazione, coll'avvertenza che di circa 1 metro si elevi al di sopra del livello dell'acqua. Fatto questo, scavando mediante ordigni a lungo manico le materie contenute nelle specie di pozzo che si è formato, e soprattutto sterrando presso le pareti, l'anello murale si abbassa a misura che vengono tolte le materie sterrate e, quando trovasi affondato di metri 0,50 a metri 0,60, si prolunga superiormente coll'aggiunta di un'egual altezza di muro. Continuando a scavare internamente al pozzo, ad estrarre le materie sterrate ed a fare nuova muratura alla parte superiore, si arriva a trovare il suolo resistente. Allora si getta sul fondo del pozzo uno strato di buon calcestruzzo o di cemento per l'altezza di circa 1 metro, mediante una conveniente macchina idrovora si esaurisce l'acqua in esso contenuta, e si procede a fare il totale riempimento in buona muratura. Talvolta si trascura l'esaurimento dell'acqua e l'intiero pozzo si riempie di calcestruzzo.

Questo sistema di fondazioni, che si può applicare nei terreni mobili di sabbia fina ed in quelli fangosi, fu adoperato per fondare i ponti della Nouvelle e di Rivesalte sulla strada ferrata da Narbonne

a Perpignan. Per fondare molti altri ponti, invece di colonne tubulari in muratura, si impiegarono di quelle in lamiera di ferro o in ghisa che, dopo aver raggiunto il fondo sodo per effetto degli scavi in esse eseguiti, al pari delle prime si riempirono di muratura. — La figura 194, mediante una sezione trasversale e mediante una mezza sezione orizzontale, fa vedere quali siano le disposizioni da adottarsi per fondare una pila di ponte adoperando colonne tubulari metalliche. Queste colonne saranno costituite da più anelli sovrapposti uniti mediante bordi interni attraversati da chiodi ribaditi o da chiavarde allorquando sono in ferro e da chiavarde quando sono in ghisa. Per impedire poi che abbiano luogo delle filtrazioni in dette giunture, se pur non credesi sufficiente l'impiego d'argilla o di stoppa, si può porre un anello di caoutchouc fra i due bordi dell'anello inferiore e dell'anello superiore i quali si toccano.

Col descritto sistema di fondazioni non si possono raggiungere grandi profondità a motivo delle difficoltà che si incontrano per eseguire gli scavi subacquei nell'interno delle colonne tubulari, e, affinchè non risultino troppo impacciate le manovre che in esse si devono fare, conviene che il loro interno diametro non sia minore di metri 2.

198. Fondazioni tubulari mediante il vuoto. — L'osservazione che un palo cavo, aperto per la sua estremità inferiore e chiuso per l'estremità superiore, essendo verticalmente collocato su un terreno bagnato e facendovi dentro il vuoto, si affonda gradatamente per effetto del proprio peso e della pressione atmosferica la quale si esercita sulla base superiore con precipitazione dell'acqua nel suo interno e con smovimento del terreno sottostante, fece nascere all'inglese dottor Potts l'idea di produrre il piantamento di pali cavi in ferro o in ghisa per fondazioni, non già operando sui pali stessi, ma sibbene sul suolo circostante; ed ecco in che consiste il processo per operare detto piantamento: il palo vuoto da piantarsi, coll'estremità inferiore tagliente, si chiuda ermeticamente alla sua parte superiore mediante un apposito coperchio attraversato da un condotto o tubo di cuoio comunicante con una macchina d'aspirazione o tromba d'aria; si ponga verticalmente nel sito in cui vuol essere piantato; e si faccia funzionare la detta macchina. Allora l'acqua che circonda l'estremità inferiore del palo irrompe bruscamente in esso, la materia sulla quale appoggia rimane disaggregata, alcune particelle solide vengono trascinate nel suo interno e si verifica un sensibile affondamento per effetto del proprio peso e della pressione atmosferica. Allorquando il palo trovasi pieno di terra

e d'acqua, si leva il coperchio, si vuota, e si ricomincie l'operazione; così si continua fino a raggiungere la profondità voluta, e finalmente si riempie di calcestruzzo l'interna cavità del palo.

Il descritto metodo per il piantamento dei pali può essere applicato nei terreni fangosi, nelle sabbie, nelle arene e nelle argille attraversate da acque; esso venne messo in pratica per fondare molti ponti in Inghilterra adoperando pali del diametro variabile fra metri 0,35 e 0,70 e dello spessore medio di metri 0,057. Nel 1847 per la costruzione di un viadotto dell'isola d'Anglesey, strada di Chester a Holyhead, si stabilì ciascuna pila sopra una piattaforma in ghisa sopportata da 19 pali aventi l'indicato spessore medio ed il diametro esteriore di metri 0,355. Ciascun palo, raggiunta la voluta profondità, si vuotava delle materie terrose che conteneva per un'altezza di circa metri 1,80 e quindi si riempiva di calcestruzzo. — La figura 195 mediante una sezione trasversale e mediante una mezza sezione orizzontale rappresenta la fondazione di una pila di ponte eseguita mediante pali cavi portanti una piattaforma metallica su cui trovasi elevata la muratura.

199. **Fondazioni tubulari ad aria compressa.** — Questo sistema di fondazioni idrauliche consiste essenzialmente nel procurarsi delle solide e stabili colonne, atte a sopportare il peso dei progettati edifizi, coll'impiego di grossi cilindri o tubi in ferro o in ghisa, aperti inferiormente e chiusi superiormente, col discacciare l'acqua che in essi si trova mediante l'aria compressa, col far discendere nel loro interno degli operai onde scavare ed estrarre le materie terrose ed ottenere il voluto affondamento, col riempirli di muratura regolare o di calcestruzzo. In quello che immediatamente segue sono esposte le norme per produrre l'affondamento dei cilindri, per riempirli di muratura e per renderli atti a servire come mezzi di fondazione.

Conosciuto il luogo in cui devono essere affondati alcuni cilindri, si costruisce in esso un ponte di servizio atto allo stabilimento degli apparati meccanici necessari a produrre il voluto affondamento, ed al comodo disimpegno di tutte le manovre che possono essere richieste dalla natura dal lavoro. Costrutto questo ponte di servizio generale, si fa provvisoriamente ed appena al di sopra del livello delle acque ordinarie un palco nel sito in cui vuolsi affondare la prima colonna, e su questo palco si procede immediatamente alla conformazione di una tal lunghezza di cilindro da sporgere esso al di sopra della superficie dell'acqua allorquando verticalmente venga disceso nel terreno in cui dev'essere affondato. Ciascun cilindro

viene generalmente costituito da anelli di eguale altezza e di eguale diametro, muniti internamente ed alla loro estremità da risalti mediante i quali si inchiavardano gli uni sugli altri chiudendo ermeticamente le commessure con argilla, con stoppe, con mastici o meglio con un anello di caoutchouc stretto fra un bordo e l'altro. Così preparato il cilindro da affondarsi, si mettono a sito sul ponte di servizio opportune macchine destinate a sostenere, ad innalzare e ad abbassare pesi, come paranchi, verricelli, argani, gru (num. 146 e 147); con funi o con catene si lega il tubo, si solleva alcun poco, si toglie il palco sul quale venne costrutto, e quindi verticalmente si fa discendere nel sito in cui deve essere affondato, dove per proprio peso penetrerà nel terreno fino ad una certa profondità. Dopo questo, si aggiungono nuovi anelli, quando il tubo non si innalza a sufficienza sulla superficie dell'acqua, e si provvede all'ulteriore affondamento col porvi sopra la *camera d'estrazione e la camera d'aria.*

La figura 196, mediante una sezione verticale fatta nel senso TU, e mediante due sezioni orizzontali, una secondo la spezzata VX, e l'altra all'altezza YZ, rappresenta la *camera d'estrazione* e la *camera d'aria.* Quella consiste nel cilindro ABCD di diametro eguale a quello del tubo sottostante, a cui viene inchiavardata, come si pratica per l'unione dei diversi anelli; questa si compone di due scompartimenti complessivamente rappresentati nella sezione verticale in EFGH, aventi in sezione orizzontale la forma d'un D. un po' spaziati fra di loro, situati, siccome chiaramente appare dalle sezioni orrizzontali in *a*, l'uno in senso inverso dell'altro. La camera d'estrazione ha nel suo coperchio superiore le aperture adatte a poter ricevere i due scompartimenti della camera d'aria, la quale si mette a posto chiudendone ermeticamente tutte le commessure coi mezzi che già si sono indicati parlando del collegamento degli anelli costituenti il tubo. Ciascuno dei due scompartimenti della camera d'aria è superiormente fornito d'un'apertura con una valvola *v* aprentesi dall'alto in basso; è rischiarato per un cristallo posto nel mezzo di detta valvola; e mediante la porta *p*, collocata nella parete piana ed aprentesi dalla camera d'aria verso la camera d'estrazione, vien messo in comunicazione con questa e quindi col cilindro. Nella camera d'estrazione e fra i due scompartimenti della camera d'aria trovansi due piccole gru che coi loro bracci possono entrare in detti scompartimenti per depositare le secchie che servono all'estrazione delle materie scavate e per prendere quelle vuote e quelle piene di materiali che si devono portare al fondo del tubo. Sul fuso di un

verricello mosso a braccia d'uomini si avvolge la catena o la fune che serve da una parte ad abbassare una secchia mentre sale un'altra dall'altra parte. Al fondo delle camera d'estrazione in KL è stabilito un palco munito di due aperture circolari *b* pel passaggio delle secchie che salgono e che discendono. Mediante apposite scale, gli operai possono discendere dalla camera d'aria al palco della camera d'estrazione e venire quindi al fondo del tubo passando per le anzidette aperture *b*.— L'aria compressa portata da apposito tubo di cuoio o di caoutchouc arriva al robinetto *r* e, trovandosi questo aperto, penetra nella camera d'estrazione e quindi anche nel tubo che vuolsi fondare: il robinetto *r'* mette la camera d'aria in comunicazione colla camera d'estrazione, ed i robinetti *r''* ed *r'''* servono allo sprigionamento dell'aria compressa contenuta nelle dette camere. I robinetti sono generalmente fatti in modo da potersi maneggiare sia dall'interno quanto dall'esterno dell'apparato.

Una volta collocate a posto la camera d'estrazione e la camera d'aria mediante tre catene, che vanno ad attaccarsi all'esterno della camera d'estrazione e ad avvolgersi a tre verricelli convenientemente collocati sul ponte di servizio, si cerca di portare il cilindro alla precisa verticalità. Invece delle tre catene vi sono talvolta tre aste colle loro estremità superiori lavorate a vite, ciascuna delle quali, siccome chiaramente appare in elevazione ed in proiezione orizzontale dalla figura 197, va ad attraversare una chiocciola C sostenuta da una trave T del ponte di servizio: manovrando le tre chiocciole mediante i manubrii *m* si può produrre l'innalzamento o l'abbassamento delle aste da cui trovansi esse attraversate, e ridurre verticale il cilindro tuttora che non lo sia. Dopo questo, essendo chiusi i robinetti *r'*, *r''* ed *r'''*, si incomincia a mettere in azione un compressore d'aria mosso dal vapore e stabilito sul ponte di servizio; ed in ciascuno dei due scompartimenti della camera d'aria discende un operaio e tiene socchiusa la porta *p*. L'aria compressa somministrata da detta macchina penetra nella camera d'estrazione, perfettamente chiude le porte *p* che saranno guernite d'una lista di caoutchouc dove battono contro le pareti sulle quali sono fissate, invade tutta la capacità del cilindro da affondarsi, l'acqua in esso contenuta incomincia a discendere di mano in mano che la pressione va aumentando, sorte pel di sotto aprendosi un passaggio attraverso i meati del terreno, e delle gallozzole d'aria le quali appariscono alla superficie del liquido circostante all'intiero apparato danno l'avviso che l'acqua è totalmente scacciata dal suo interno. — Allora due operai, i quali avranno l'incarico del maneggio dei robinetti nelle diverse manovre da ef-

fettuarsi, si portano ciascuno ad occupare uno scompartimento della camera d'aria; e quindi immediatamente fanno entrare nell'apparecchio quei lavoranti che dovranno scavar il terreno. Perciò, essendo questi lavoranti metà nell'uno e metà nell'altro dei due scompartimenti della camera d'aria, colla mano s'innalzano le valvole *v* onde socchiudere le aperture superiori, e si aprono i robinetti *r'* per lasciar entrare aria compressa negli scompartimenti in cui si trovano. In breve tempo avviene: che le dette valvole, per effetto dell'interna pressione, più non abbisognano di essere sostenute e che ermeticamente si chiudono; che si stabilisce l'equilibrio fra la pressione che ha luogo dentro il cilindro e gli scompartimenti della camera d'aria; che le porte *p* senza difficoltà si possono aprire. Immediatamente alcuni operai incominciano a discendere per le scale che conducono al fondo dell'apparecchio, fanno passare i loro utensili e quindi discendono gli altri, e per aver la luce necessaria accendono delle candele steariche finissime, che sonosi riconosciute utili a motivo della non eccessiva quantità di fumo che mandano bruciando nell'eccezionale circostanza di un sito assai ristretto con un'aria compressa ed umida. Appena sbarazzati i due scompartimenti dalla camera d'aria, ciascuno dei due operai in essi rimasto chiude la porta *p* ed il robinetto *r'* per impedire che possa entrare aria compressa negli scompartimenti medesimi, ed apre il robinetto *r''* onde lasciar sfuggire quella che già si trova e onde ottenere che la valvola *v* cada per effetto del proprio peso o per causa di un leggero sforzo su essa esercitato. Allora due altri operai, col processo tenuto per fare entrare gli operai scavatori nell'apparato, possono portarsi sul palco che trovasi al fondo della camera d'estrazione e qui rimanere per l'innalzamento e per l'abbassamento dei secchi.

Trovandosi tutti gli operai al loro posto come or ora si è indicato, ed essendo chiuse le valvole *v* degli scompartimenti della camera d'aria, ecco come incomincia e come progredisce il lavoro: gli operai che sono al fondo dell'apparecchio scavano il terreno su cui si trovano fin sotto all'orlo o tagliente del cilindro, e le materie sterrate le caricano in una secchia; i due operai posti nella camera d'estrazione girando convenientemente il verricello fanno salire la secchia piena, discendere una vuota, e, giunta quella alla sommità della sua corsa, imprimono alla gru il necessario moto per far entrare il suo braccio e la secchia nel rispettivo scompartimento della camera d'aria; l'operaio che in questo si trova stacca la secchia piena, ed attacca una vuota, rimette a posto il braccio

della gru coll'aiuto degli operai che trovansi nella camera d'estrazione, chiuda la porta p ed il robinelto r', ed apre l'altro r'' onde ottenere che cada la valvola v: allora, con mezzi facili ad idearsi, si estrae la secchia piena dallo scompartimento in cui si trova, e si scaricano le materie in essa contenute in apposita doccia destinata a riversarle in sito in cui non possano essere d'impedimento al progresso del lavoro; la secchia vuota si discende nuovamente nello scompartimento da cui fu estratta, l'operaio che in esso si trova chiude la valvola v ed il robinetto r'', apre il robinetto r' onde stabilire l'eguagliauza di pressione nel cilindro e nello scompartimento in cui lavora, ed apre la porta p per porsi in grado di staccare dal braccio della gru un'altra secchia piena e di rimettere quella vuota affinchè venga discesa al fondo. Nell'istante in cui una secchia piena arriva ad uno dei due scompartimenti della camera d'aria, una secchia vuota giunge al fondo dell'apparecchio; e, nel mentre si fanno le manovre necessarie al vuotamento di quella, viene questa caricata ed elevata al livello dell'altro scompartimento, nel quale si ripetono tutte le manovre già descritte per vuotarla e per portarla al punto da essere ridiscesa. Con tal mezzo il lavoro si mantiene in completa attività e progredisce lo scavo che deve produrre l'affondamento del cilindro.

Generalmente parlando, il tubo nel cui interno si lavora non discende a misura dello scavo, resta quasi sospeso finchè trovasi pieno d'aria compressa, ed è solo col lasciarne sfuggire una parte che esso discende a notevole profondità. Il fenomeno si spiega: colla prevalenza della pressione interna sull'esterna, la qual prevalenza esige che superiormente si carichi l'apparato con sufficienti pesi, se pur non lo si vuol vedere sollevato con grave pericolo di quanti lavorano in esso; e colla pressione esternamente esercitata dalle terre circostanti. L'affondamento del cilindro, allorquando per una certa profondità si è eseguito lo sterro nel suo interno, si ottiene ordinariamente in questo modo: gli operai che hanno raggiunto il termine delle ore di lavoro e che devono sortire per dar luogo ad un'altra squadra, portano tutti gli utensili sul palco della camera d'estrazione e, manovrando le porte p e le valvole v, come si è detto per l'estrazione delle secchie piene, sgombrano totalmente l'apparato; allora dall'esterno si chiude il robinetto r onde impedire l'immissione di nuova aria compressa e si apre il robinetto r'''; l'aria interna repentinamente esce e, prevalendo sul fondo del cilindro la pressione esterna, l'acqua violentemente vi precipita smuovendo il terreno sottostante; ed il

cilindro, che si manterrà ben verticale fra le sue guide, le quali di mano in mano verranno allungate, si affonda per proprio peso. Dopo si chiude il robinetto r''' si apre l'altro r. nuovamente si comprime aria e si ricomincia l'operazione con una nuova squadra di operai. — La descritta manovra è da proscriversi nelle sabbie mobili, le quali vengono portate entro il cilindro per la violente aspirazione che in esso si produce, e, quando riesce fattibile, è miglior partito quello di caricare superiormente l'apparecchio con tali pesi che valgano a produrre l'affondamento di mano in mano che lo sterro avanza.

A misura che gli operai vanno scavando e che vengono ripetute le manovre necessarie all'affondamento, la camera d'estrazione e la camera d'aria si abbassano, incominciano a rendersi difficili le manovre da eseguirsi fuori dell'apparecchio ed è imperiosa necessità di allungare il cilindro. Per fare questo si lascia sortire tutta l'aria compressa, si stacca l'apparato costituito dalle dette due camere, innalzandolo e tenendolo a conveniente altezza mediante opportuna macchina stabilita per sollevare e per sostenere pesi, si aggiungono nuovi anelli al cilindro affondato, si rimettono a posto le due camere, e nuovamente si attiva il lavoro.

Quando le descritte operazioni, più volte riprese, hanno condotto a raggiungere il fondo sodo o la profondità limite a cui si può andare col sistema delle fondazioni tubulari ad aria compressa, non si estrae internamente la terra dal fondo, ma se ne lascia un piccolo strato che poi si ricopre con buon cemento; dopo, fino a circa metà della differenza di livello fra il fondo del cilindro e la superficie esterna dell'acqua, si riempie il cilindro di calcestruzzo introducendolo per le camere d'aria nelle secchie medesime che servirono all'estrazione delle materie sterrate; e finalmente si tolgono la camera d'estrazione, la camera d'aria e gli anelli del cilindro esistenti ad un livello superiore a quello a cui deve arrivare la colonna di fondazione per fare allo scoperto l'ulteriore riempimento di calcestruzzo.

Avvenendo il caso raro di trovare un terreno talmente impermeabile da riuscire difficile lo sprigionamento dell'aria al disotto del cilindro in cui deve essere compressa, si può far uso di un tubo speciale partente dal fondo di detto cilindro ed elevantesi in esso per portarsi esternamente e per dar sfogo all'acqua dove senza difficoltà può essere effettuato.

Non sempre le camere d'aria si fanno a due scompartimenti, in molte ragguardevoli circostanze vennero impiegate camere d'aria

con uno scompartimento unico, e questo diventa una necessità quando voglionsi affondare tubi di piccolo diametro.

Gli anelli, che nel loro assieme danno i cilindri per fondazioni tubolari, si fanno ordinariamente in ghisa coll'altezza di 1 metro, collo spessore di circa metri 0,025 e col diametro variabile fra 1 e 3 metri; l'anello inferiore però, nell'intento di facilitare la penetrazione nel terreno, si fa talvolta in ferro con spessore di circa metri 0,02 e un'altezza anche di soli metri 0,40. I cilindri in ghisa sono più fragili di quelli in ferro, e quindi mal si appropriano dove possono trovarsi sottoposti ad urti. La distanza poi, a cui devono essere collocate le colonne di fondazione per un dato edilizio, dipende dal loro numero, dal diametro dei tubi da cui sono inviluppate e dal peso che devono sopportare.

La prima idea delle fondazioni tubolari ad aria compressa derivò da quanto fece l'ingegnere francese Triger, il quale fin dal 1841 nelle miniere di Chalonnes raggiunse il terreno carbonifero praticando i pozzi col far discendere dei tubi in ghisa formati di anelli sovrapposti ben inchiavardati, nei quali tubi si comprimeva l'aria appena venivano ad attraversare uno strato acquifero. Di questo suo modo di scavare i pozzi da miniera l'ingegnere Triger rese conto all'Accademia delle Scienze nella seduta del 17 febbraio 1845, ed in pari tempo indicò le applicazioni che se ne potevano fare nello stabilire fondamenti. Nel 1851 il processo Triger ricevette la sua prima applicazione alle fondazioni dei ponti, e questo avvenne nella ricostruzione del ponte di Rochester in Inghilterra sotto la direzione immediata dell'ingegnere Hughes. Poco tempo dopo, questo sistema venne applicato in Francia per fondare ponti sulla Sâone a Mâcon ed a Lione, quello sull'Allier a Moulins e molti altri: in Italia venne pure applicato con buon successo nella costruzione di molti ponti per strade ferrate, quali sono quelli più importanti esistenti lungo la linea ferrata da Torino a Milano, e quello sul Po presso Casale per la strada ferrata da Vercelli a Valenza. — A Rochester si fecero le pile in muratura e per la fondazione di ciascuna di esse si impiegarono otto tubi del diametro di 1 metro (*fig.* 194). A Mâcon, siccome appare dalla figura 198 che rappresenta mezza elevazione e mezza sezione longitudinale di una pila, si adoperarono per arrivare al livello delle acque ordinarie tre tubi aventi ciascuno il diametro di 3 metri, e spaziati da asse ad asse per 4 metri; le estremità delle colonne affondate con questi tre tubi si circondarono di uno strato di calcestruzzo alto 6 metri e sopra si prolungarono le dette tre

colonne riducendone il loro diametro a soli metri 2,50 e rilegandole tra loro mediante piastre in ghisa. Pel ponte sull'Allier a Moulins si impiegarono solo due colonne del diametro di metri 2,50 per ciascuna pila, distanti da asse ad asse di metri 8,40, e giunte queste fuori d'acqua, siccome lo indica la figura 199 mediante mezza elevazione e mezza sezione longitudinale, si ridussero ad avere il diametro di 2 metri rilegandole fra loro mediante due traverse orizzontali e due traverse diagonali in ferro. Al ponte sul torrente Stura per la strada ferrata da Torino a Milano ciascuna pila venne fondata con due tubi del diametro di soli metri 1,50, posti a distanza di 4 metri da asse ad asse: al livello delle acque basse, siccome appare dalla figura 200 che rappresenta la sezione longitudinale e la sezione trasversale di una pila, si rilegarono questi tubi con due ferri d'angolo *a* e con un ferro *b* a forma di T; sopra si pose un filare di pietre e quindi si elevò la pila foggiata come chiaramente appare dalla citata figura.

L'ingegnere Brunel nell'anno 1855 fece fondare al ponte di Saltash presso Plymouth due grandi cilindri cavi concentrici in ferro, e quello esterno aveva il ragguardevole diametro di metri 11,50. Perciò, coperto e compressa dell'aria nello spazio anulare compreso fra i due cilindri, vi mandò dentro degli operai per scavare ed estrarre le terre che si trovavano a misura dell'affondamento, fece riempire il detto spazio anulare di calcestruzzo appena raggiunto il fondo sodo, ed ottenne così un solido recinto per cui riescì facile di estrarre coi mezzi ordinari la terra contenuta nel cilindro interno, e di riempirlo quindi mediante un'opera murale.

Gli operai che lavorano nell'aria compressa si stancano molto, e si è riconosciuto che più non possono resistere allorquando si arriva ad una profondità maggiore di 25 metri sotto la superficie dell'acqua. Entrati nella camera d'aria, a misura che si stabilisce l'eguaglianza di pressione fra una parte e l'altra dell'apparecchio, provano un certo malessere, al quale la maggior parte facilmente si abitua, e per liberarsene aspirano fortemente l'aria compressa che li circonda, chiudono dopo la bocca ed operano una specie di compressione mediante i muscoli del torace e della guancia: allora si stabilisce una specie di equilibrio dai due lati del timpano, e si sente in questo momento una specie di sottil sibilo in seguito del quale sparisce ogni malessere. La respirazione si fa presso a poco nell'aria compressa siccome nell'aria libera, la vista non rimane impressionata, ed il suono solamente perde un po' di sua intensità. I lavori per fondazioni ad aria compressa si fanno senza

interruzione; gli scavatori si ripartiscono per squadre, ed ogni squadra lavora ordinariamente due volte in 24 ore e per quattro ore in ogni volta.

200. **Fondazioni ad aria compressa con cassoni.** — Il sistema delle fondazioni tubulari ad aria compressa, già stato esposto nel precedente numero, nel mentre presenta dei grandi vantaggi sugli altri sistemi quando s'incontrano dei terreni mobili, facili ad essere esportati sotto l'azione di forti correnti e soggetti ad avvallamenti nell'essere scavati, non va immune da inconvenienti che si possono riassumere: nell'inclinazione che talvolta prendono i cilindri all'atto del loro affondamento, la qual inclinazione può diventare si grave circostanza nei terreni argillosi da essere astretti all'estrazione; nella difficoltà che talora s'incontra per affondarli anche in seguito a grandi sovracarichi; nei subitanei e non previsti affondamenti che talora sonosi verificati dopo un ostinato rifiuto; nei repentini e pericolosi sollevamenti che in molte occasioni si sono avverati; negli spostamenti che i tubi già affondati possono subire nell'atto dell'affondamento di altri tubi vicini; e finalmente nel non potersi affondare che uno alla volta i tubi da porsi in prossimità, con grave perdita di tempo. Nel settembre dell'anno 1857 i due governi Francese e Badese, mediante un trattato internazionale, stabilirono le basi per la costruzione di un gran ponte sul Reno a Kehl; ed i signori Fleur-Saint-Denis e barone Weiler, il primo ingegnere principale della strada dell'Est ed il secondo ingegnere del gran ducato di Baden, riconosciuta l'impossibilità di poter fondare coi metodi ordinari e previste le gravi difficoltà che dovevansi presentare per discendere le fondazioni a circa 22 metri sotto il pelo delle acque medie col sistema tubulare ad aria compressa in un fondo indefinito di arena mobilissima, contemporaneamente studiarono il modo di agevolare la risoluzione del difficile problema ed immaginarono un sistema quasi eguale, che nella citata circostanza della costruzione del ponte di Kehl venne per la prima volta applicato, e che diede origine al sistema di fondazioni ad aria compressa con cassoni. Questo sistema consisteva nell'impiegare, invece di tubi, dei cassoni in lamiera di ferro senza fondo, ossia chiusi soltanto superiormente e lateralmente, alti in modo da poter in essi lavorare degli operai scavatori, e muniti ciascuno di un gran tubo centrale per fare l'estrazione delle materie, detto perciò *camino d'estrazione*, e di due tubi laterali minori inservienti all'entrata ed alla sortita degli operai nel cassone e detti quindi *camini di passaggio*. Alla sommità dei camini di passaggio venivano col-

locate le camere d'aria, e nel camino d'estrazione si muoveva una noria. Il ponte di Kehl doveva presentare tre travate fisse nel mezzo una travata girante a ciascuna estremità, e si stabilì che il sistema di fondazioni ad aria compressa con cassoni si dovesse applicare alle due pile di mezzo ed alle pile-spalle poste alle estremità della parte fissa, impiegando tre cassoni per le due prime e quattro per le seconde. Si decise: che tutti i cassoni componenti una medesima pila dovessero contemporaneamente essere affondati in modo che le loro facce superiori costantemente si mantenessero al medesimo livello; che, una volta operata la compressione dell'aria, dovesse discendere in ciascuno di essi un egual numero di scavatori; che lo scavo si dovesse eseguire in guisa da mantenere nel centro di ciascun cassone una specie di bacino per gettarvi tutte le materie scavate onde essere sollevate dalle norie; che a misura dell'affondarsi dell'intorno apparato si dovesse costrurre un recinto formato con travi e tavole in legno per contenere il calcestruzzo da versarsi a misura dell'affondamento; e che finalmente, raggiunta la voluta profondità, si dovessero riempire di calcestruzzo tutti i cassoni ed i vani occupati dai camini di passaggio e da quelli d'estrazione. Così si praticò la fondazione di una pila andando incontro a gravi difficoltà, le quali misero in evidenza essere miglior partito di usare un sol cassone in ciascuna pila, per cui nel fondare le altre pile si resero solidari i diversi cassoni riunendo le loro pareti in contatto con chiodi ribaditi e ponendoli in comunicazione mediante aperture in esse praticate; e non convenire il recinto contenitore del calcestruzzo formato in legname, per cui si costituì un recinto formato con grosse pietre da taglio. Il sistema di fondazioni ad aria compressa con cassoni, dopo la costruzione del ponte di Kehl, venne applicato in molti altri importanti lavori, fra i quali basta citare il ponte sul Varo, quello sul Po presso Piacenza per la strada ferrata da Milano a Piacenza, e quello attualmente in via di esecuzione sul Po presso Mezzanacorte per la strada ferrata da Voghera e Brescia. I moderni costruttori, ammaestrati dagli inconvenienti che si rimarcarono a Kehl e resi ormai forti dai luminosi successi ottenuti in molte occasioni, sono d'accordo sulla convenienza di doversi impiegare un sol cassone per le fondazioni delle ordinarie pile dei ponti. Le due opere, *Pont sur le Rhin à Kehl* di Emilio Vaigner e Fleur-Saint-Denis e *Notice sur l'emploi de l'air comprimé au fonçage des piles et culées du pont de Kehl sur le Rhin* di M. C. Maréchal, sono tali da intimamente far conoscere l'origine e come per la prima volta si mise in

pratica il sistema delle fondazioni ad aria compressa con cassoni, ed in quello che segue viene indicato come attualmente suolsi applicare il detto ingegnoso sistema.

Costrutto, nel luogo in cui vogliousi stabilire delle fondazioni ad aria compressa con cassoni, un solido ponte di servizio per l'impianto degli apparati meccanici e pel comodo disimpegno di tutte le manovre, e già determinato il preciso sito in cui particolarmente vuolsi affondare un cassone, provvisoriamente ed appena sopra il livello delle acque ordinarie, si costruisce un conveniente palco e su questo si mette assieme il cassone in posizione tale da poter servire come di zoccolo per sopra elevarvi l'opera murale che esso deve sostenere. Questo cassone ABCD, con base eguale alla sezione orizzontale di detta opera in muratura, si forma, siccome lo dimostra la figura 201 mediante mezza elevazione, mezza sezione longitudinali ed un sezione trasversale in un fondamento in via di esecuzione, con lastre di ferro unite fra loro da chiodi ribaditi a caldo ed aventi ordinariamente la grossezza di metri 0,012; il suo cielo *a* si costituisce con due lastre orizzontali poste a distanza di circa metri 0,60, rinforzate da lastre verticali alle prime collegate mediante ferri d'angolo, onde formare un sistema cellulare solido ed inflessibile affinchè possa reggere i grandi pesi che sopra vi devono gravitare. Le pareti laterali del cassone, cui ordinariamente suolsi assegnare un'altezza di circa metri 2,80, si consolidano e si uniscono al cielo mediante forti nervature *b* stabilite nell'intento di rendere le dette pareti atte a sostenere le grandi spinte a cui necessariamente dovranno trovarsi sottoposte nel progresso del lavoro di affondamento. Il cassone che, siccome già si è detto, deve essere senza fondo, ha il suo cielo attraversato da tre fori circolari coi loro centri sull'asse di maggior lunghezza: il foro di mezzo *c* ha ordinariamente circa 2 metri di diametro, e gli altri due *d*, che si trovano ciascuno a circa 1/4 della massima lunghezza del cassone, hanno diametro assai minore e non eccedente 1 metro. All'atto in cui si forma il cielo del cassone si riempiono con calcestruzzo i vani o celle che in esso rimangono, e dopo lo stabilimento delle nervature che servono a consolidare le pareti laterali, a mo' di archi si pongono delle lastre *e* da ferri d'angolo, e si costituisce della buona muratura fra queste ed i risalti inclinati delle nervature. — Una volta preparato il cassone, nella parte superiore della sua parete laterale ed in prosecuzione della parete medesima si attacca un giro di lastre di ferro aventi comunemente lo spessore di metri 0,004 ed una tale altezza che, discendendo il cassone nel terreno sommerso, non ven-

gano le acque a versarsi al di sopra del suo cielo; e sui tre fori, di cui sopra si è fatto cenno, si elevano dei convenienti tubi con altezza non minore di quella ultimamente indicata, formati con anelli di ferro laminato alti da 1 a 2 metri, dello spessore di circa metri 0,012 e ben inchiavardati o inchiodati sui risalti interni di cui vanno forniti. — Dopo questo, stabiliti sul ponte di servizio gli apparati di cui vuolsi trar partito per innalzare ed abbassare pesi ed affidato il cassone ai detti apparati mediante funi o mediante catene, si toglie il palco provvisorio ed orizzontalmente a poco a poco si abbassa tutto l'apparecchio fino a raggiungere il letto sottostante. Quindi si dà mano ad aggiungere un conveniente numero di anelli per allungare i tubi già incominciati fino a superare di alcun poco il livello dell'impalcatura del ponte di servizio. Il tubo di mezzo attraversando la capacità del cassone deve arrivare fino a circa mezzo metro sotto l'orlo inferiore o tagliente del cassone medesimo, come si vede in *f*.

Trovandosi il cassone sul terreno nel quale deve essere affondato, e già avendo subito un certo affondamento per causa del proprio peso, alla lastra che forma la prosecuzione della sua parete laterale conviene attaccare otto aste di ferro *g* convenientemente e simmetricamente disposte, colle loro estremità lavorate a vite, attraversanti ciascuna una chiocciola *h* a lungo manubrio cui il ponte di servizio somministri uno stabile appoggio. Invece di otto aste si possono anche adottare otto catene avvolgentisi ad altrettanti verricelli stabiliti convenientemente sul ponte di servizio, che possono essere quelli stessi impiegati nella discesa del cassone; e sia nel caso delle aste sia in quello delle catene, ciascuna deve essere talmente robusta da poter reggere la quarta parte del peso del cassone col suo sopraccarico, giacchè talvolta devono esse trovarsi in tale circostanza da agire solamente quattro. Stabilite così le guide per far discendere il cassone in modo che il suo cielo si conservi costantemente orizzontale e tosto rettificata la deviazione che può manifestare per essere affondato più da una parte che dall'altra, si procede a mettere a posto quegli apparati che sono necessari per lavorare coll'aria compressa.

Sui due tubi laterali destinati a servire come camini di passaggio si pongono delle camere d'aria, e nel tubo centrale che deve funzionare come camino d'estrazione si stabilisce la noria che deve esportare le materie da scavarsi e da estrarsi per l'affondamento del cassone. Ciascuna camera d'aria consiste in un cilindro **EFGH** con diametro molto maggiore di quello del camino su cui

è disposta e generalmente di 2 metri, formata in lastra di ferro dello spessore di circa metri 0,012 e raccordata al camino mediante una parte foggiata a tronco di cono. La sua base superiore porta un foro circolare nel mezzo, il qual foro è munito d'una valvola *v* che si apre dall'alto in basso; e corrispondentemente alla base maggiore della parte conica di raccordamento trovasi un diaframma avente nel mezzo una valvola *v'* che si apre pure dall'alto in basso. Aprendo un robinetto si dà accesso all'aria compressa, portata da apposito tubo di cuoio o di caoutchouc nel camino di passaggio e quindi nel sottostante cassone, aprendo un secondo robinetto, l'aria compressa si fa entrare anche nella camera d'aria e mediante due altri robinetti si possono mettere la detta camera ed il corrispondente camino di passaggio in comunicazione coll'atmosfera. La valvola *v* poi è munita nel suo mezzo di un grosso cristallo per dar luce alla camera d'aria. — La noria stabilita nel camino d'estrazione è formata di due catene parallele, che si avvolgono ad un verricello superiore *u* collocato su una robusta travatura e ad un verricello *u'* collocato un po' al di sotto del fondo del camino medesimo, e che portano i secchi a giuste ed eguali distanze l'uno dall'altro. Detto verricello inferiore trovasi imperniato a due aste verticali *i* saldamente fissate nella parte inferiore del camino d'estrazione, ed il verricello superiore viene generalmente messo in rotazione mediante l'azione di una macchina a vapore trasmessale da una fune impiombata o da una coreggia avvolgentesi ad una puleggia imperniata sull'albero medesimo del verricello superiore. I secchi sono generalmente di ghisa, le loro pareti ed i loro fondi hanno dei piccoli fori per cui può passare l'acqua nella quale essi pescano per gran parte del loro cammino. Nell'adattare le camere d'aria alla sommità dei corrispondenti camini, analogamente a quanto bisogna praticare nella formazione dei camini medesimi mediante anelli successivi, accuratamente bisogna otturare tutte le commessure mediante stoppe, argille, mastici o liste di caoutchouc, la qual ultima materia necessariamente deve essere posta sui bordi delle valvole dove appoggiano contro le lastre a cui sono fermate.

Una volta messe a posto le camere d'aria e stabilita la noria cogli opportuni meccanismi necessari a porla in movimento, si fanno agire i compressori dell'aria, e, trovandosi chiusi tutti i robinetti, entra un operaio per ciascuna camera d'aria, apre il robinetto che dà accesso all'aria compressa nel camino di passaggio e nel sottostante cassone e tiene socchiusa la valvola *v'* che tosto, a causa

della pressione che va crescendo nell'interno del corrispondente camino di passaggio, si chiude ermeticamente. Allora l'acqua che invade l'apparecchio incomincia ad abbassarsi, in breve tempo abbandona totalmente l'interna capacità, ed alla superficie del liquido che esternamente circonda il cassone si vedono apparire quelle numerose gallozzole che indicano la possibilità di poter discendere gli operai per dar mano allo scavo. Nel camino d'estrazione poi l'acqua si mantiene fino al livello che essa ha esternamente. — Gli operai scavatori, muniti dei necessari utensili, si portano allora per metà nell'una e per metà nell'altra camera d'aria, alcuno di essi socchiude le valvole v, un altro apre il robinetto che serve ad introdurre l'aria compressa nella camera d'aria. La valvola v tosto chiude ermeticamente l'apertura a cui trovasi apposta, in breve intervallo si stabilisce eguaglianza di pressione nelle camere d'aria e nei sottostanti camini, e la valvola v' o spontaneamente si apre pel proprio peso o viene aperta con un leggier colpo di piede. Dopo questo alcuni operai, procurandosi la luce necessaria mediante finissime candele steariche, incominciano a discendere per le scalette in ferro che trovansi nei camini di passaggio, fanno passare al fondo del cassone gli strumenti d'escavazione, e quindi discendono gli altri operai. Gli scavatori che senza porsi imbarazzo possono essere da 8 a 10 in un cassone lungo 11 metri e largo 5 metri, appena arrivati al fondo, incominciano a praticare una specie di bacino in cui peschi il camino d'estrazione talmente profondo che la noria non venga impedita nel suo movimento, quindi si mettono a scavare terra sia attorno alle pereti del cassone sia in tutto lo spazio da esso coperto, e fanno venire le materie sterrate attorno e sotto il camino d'estrazione, dove vengono raccolte e portate via dai secchi della noria posta in movimento.

Analogamente a quanto si è detto per le fondazioni tubulari ad aria compressa, gli operai scavatori non possono lungamente durare al lavoro, e generalmente conviene farli lavorare due volte ad ogni 24 ore e per 4 ore in ciascuna volta. Allorquando devono sortire si portano fino alla camera d'aria, ed in ciascuna di queste fanno le seguenti operazioni: uno socchiude la valvola v'; chi è incaricato della manovra dei robinetti chiude il robinetto per cui s'introduce aria compressa nella camera d'aria, ed apre l'altra per mettere la detta camera in comunicazione coll'aria atmosferica: immediatamente avviene la perfetta chiusura della valvola v' ed in breve cade da sè o torna facile di aprire la valvola v che rende libera l'uscita alla squadra che ha finito di lavorare.

Trovandosi attivato il lavoro di fondazione, si verificano i seguenti fatti: nei camini di passaggio, nelle camere d'aria e nel cassone trovasi aria compressa; il terreno sottostante al cassone non è coperto da acqua; l'estremità inferiore del camino d'estrazione, che, siccome già si è detto, affondasi di circa mezzo metro sotto il tagliente, pesca nell'acqua, la quale si eleva nell'ultimo accennato camino fino al livello dell'acqua esteriore; e finalmente, sopra il cielo del cassone e dentro la lastra in prosecuzione delle pareti laterali, lavora una squadra di muratori, la quale di mano in mano che il cassone si affonda va elevando all'asciutto la muratura che discende unitamente al cassone che la porta. La detta muratura è un lavoro utile il quale impedisce che l'apparecchio venga sollevato per effetto della pressione interna, e contribuisce a far progredire l'affondamento di mano in mano che scavasi terra sotto il tagliente. Questo fatto dell'affondamento cagiona l'abbassarsi della lastra entro la quale si costruisce la muratura, dei camini, delle camere d'aria, della noria; e quindi ne segue che di tanto in tanto bisognerà aggiungere nuova lastra superiormente ed all'ingiro dello spazio in cui va eseguita la muratura, che a questa si dovranno attaccare le otto aste o le otto catene destinate a guidare tutto il sistema nella sua discesa, che dovrannosi allungare i camini e le catene della noria. Alcune di queste operazioni assai facilmente si possono eseguire senza interrompere il lavoro degli operai che trovansi applicati all'escavazione, alcune altre consigliano essere prudente una tale interruzione, ed ecco in breve come si può procedere. Si stacchino quattro delle otto aste o catene che servono di guida nella discesa dell'apparecchio, il quale resta così affidato solamente alle altre quattro; tutto all'ingiro e per l'altezza che credesi necessaria aggiungasi una zona di lastra: a questa si fissino le quattro aste o catene già staccate e convenientemente sollevate; e quindi si stacchino le altre quattro per innalzarle e fermarle come le prime. Dopo di ciò si levi quella parte dell'apparato della noria che può porre imbarazzo all'allungamento del camino d'estrazione; si allunghi questo coll'aggiunta di nuovi anelli che, come già si è detto, verranno strettamente inchiavardati o inchiodati gli uni sugli altri: alla noria aggiungasi nuova catena e nuovi secchi e si ristabilisca il tutto per farla nuovamente funzionare. Per allungare i camini di passaggio, una volta sortiti dall'apparecchio tutti gli operai scavatori, mediante una valvola v'' che trovasi dove ciascuno di questi camini comunica col cassone, si intercetti la comunicazione fra quelli e questo, si dia

esito all'aria compressa posta superiormente a dette valvole, si levino le camere d'aria, tenendole sollevate in alto con opportuni apparati meccanici, si aggiunga mediante inchiavardamento o mediante inchiodamento quel numero di anelli che vien reputato necessario, si rimettano a posto le camere, e nuovamente si comprima l'aria nei camini di passaggio allungati. Quando la pressione che si verifica in detti camini eguaglia quella esistente nel sottostante cassone, gli operai scavatori possono discendere nell'apparecchio per ricominciare il loro lavoro, e troveranno o che la valvola v'' si è già aperta cadendo pel proprio peso, o che torna cosa agevole l'aprirla mediante un leggier colpo di piede.

A misura che il cassone si va affondando, la muratura cresce d'altezza sul suo cielo; e quando il cassone ha raggiunta la necessaria profondità, si trova completamente o quasi completamente eseguito il masso murale che esso deve sostenere; ed immediatamente bisogna occuparsi del riempimento del cassone e dei camini. Questo riempimento viene generalmente fatto con calcestruzzo operando come segue. Dal camino di estrazione si toglie l'intiero apparato della noria, e vi si adatta una gran camera d'aria di cui in sezione verticale passante per l'asse si ha la rappresentazione nella figura 202, di forma cilindrica con raccordamento conico, con due aperture circolari nel suo coperchio chiudibili con valvole dal basso in alto, e con due altre aperture, chiudibili da valvole nello stesso senso, praticate nella robusta lamiera che forma il suo fondo. Tenendo socchiuse le due valvole inferiori, ed essendo chiuso tanto il robinetto che permette l'accesso dell'aria compressa in detta gran camera quanto quello destinato a porla in comunicazione coll'atmosfera, si fa venire aria compressa nel camino d'estrazione onde far discendere l'acqua che in esso si trova ed obbligarla a totalmente sfuggire pel di sotto. Tolto così ogni imbarazzo dall'interno del camino d'estrazione, alcuni operai discendono in esso attraversando la gran camera colle manovre necessarie a passare dall'aria esterna all'aria compressa, e staccano la parte f di detto camino che trovasi nel cassone, la quale, onde rendere possibile questa pratica, ha diametro un po' inferiore a quello della parte di camino che trovasi sopra. Fatto questo, sortono i detti operai dall'apparecchio portando seco la parte di tubo staccato; e, trovandosi la gran camera d'aria in comunicazione coll'aria atmosferica, si pone sulle due valvole inferiori tanto calcestruzzo da essere sicuri che il suo peso non è capace di vincere la pressione che l'aria interna fa contro dette valvole; si

chiudono le due valvole superiori e si stabilisce l'uguaglianza di pressione nella capacità della campana e nel sottostante camino; le valvole che portano il calcestruzzo si aprono ed il calcestruzzo cade al fondo. Gli operai che trovansi nel cassone pel suo riempimento, nel mentre vien fatta la detta manovra per la discesa del calcestruzzo, si ricoverano su pei camini di passaggio, ed appena sentono la caduta discendono nel cassone e conguagliano il materiale caduto. Questo lavoro si ripete finchè il cassone trovasi totalmente riempito; ed è prudente consiglio di disporre quasi verticalmente nel calcestruzzo in corrispondenza dei tre camini dei piccoli tubi di terra cotta, destinati a mantenere l'aria compressa in comunicazione coll'acqua esterna, attraverso la quale sotto forma di gallozzole possa sprigionarsi, qualora acquisti un eccesso di pressione che altrimenti potrebbe riuscire di danno agli operai ed ai lavori. Una volta riempito di calcestruzzo il cassone, gli operai che condussero a compimento il lavoro sortono dall'apparecchio passando pei tre camini, ed altri operai in questi discendono per disgiungere i diversi anelli di cui si compongono nell'intento di estrarli ed utilizzarli in altre circostanze. Prima però di dar mano a disgiungere i diversi anelli componenti i camini, importa di porre delle robuste travi sulle tre camere d'aria e di renderle ben immobili affinchè siano atte ad impedire il sollevamento che potrebbe produrre l'aria compressa in seguito al disgiungimento degli anelli. Quando tutti gli anelli sono staccati, a poco a poco si diminuisce la pressione dell'aria interna e si lascia che l'acqua, passando pei tubi di terra cotta, si sollevi nei camini. Allora l'uno di seguito all'altro e facendo uso di appositi ordigni si estraggono i diversi anelli, ed i fori che così rimangono nella massa murale si riempiono di calcestruzzo, il quale verrà calato a sito mediante secchie o casse a fondo mobile.

In alcuni terreni, e principalmente quando l'affondamento di un cassone è presso a raggiungere il suo termine, avviene che scavando nel suo interno e sotto il suo tagliente non si verifica sensibile discesa per causa dell'attrito che ha luogo fra la lastra che involve la muratura e fra le terre, per le spinte di queste ultime e per l'interna pressione dell'aria compressa, per cui il peso del cassone e di quanto su esso si trova, non sono sufficienti a vincere le accennate resistenze. Presentandosi una siffatta circostanza, si produce l'affondamento come nel precedente numero si è indicato doversi fare per quello dei tubi: sortono gli scavatori dall'apparecchio in cui trovasi l'aria compressa e quindi danno sortita a

parte di quest'ultima producendo un abbassamento di pressione nell'interno; allora la colonna d'acqua sovrastante al piano d'escavazione passando sotto il tagliente entra repentinamente nel cassone, smuove il terreno circostante; l'affondamento incomincia a verificarsi al momento in cui il peso del cassone e di quanto esso sopporta vince il complesso delle forze resistenti di cui una va scemando a misura che l'aria compressa sfugge dall'apparecchio, e finisce appena il tagliente appoggia sul terreno sodo. Quando si riconosce che il cassone più non discende, si chiude il robinetto stato aperto per il parziale sprigionamento dell'aria compressa, si comprime nuova aria onde scacciare l'acqua dal cassone, ed una nuova squadra di operai discende in esso e continua lo scavo.

I procedimenti stati descritti per fondare ad aria compressa con cassoni sono quelli che presso a poco vennero applicati nella costruzione del già citato ponte sul Po presso Piacenza; in tale occasione s'impiegarono cassoni a base rettangolare coi lati di metri 5 e di metri 11,90 per le spalle, e cassoni a base rettangolare con due semi-circoli alle estremità della larghezza di 5 metri e della lunghezza massima di 11 metri per le pile.

Al ponte sul Po presso Mezzanacorte le fondazioni delle pile e delle spalle vengono fatte su un suolo non sommerso in tempo di acque ordinarie, e questa circostanza ha permesso di molto semplificare il problema di fondare ad aria compressa con cassoni. Per ciascuna spalla e per ciascuna pila si è costrutto un solido castello in legname elevantesi piramidalmente e portante in sommità una gru da impiegarsi a facilitare le manovre per formazione dei camini, per adattamento e per staccamento degli apparecchi delle camere d'aria e pel maneggio di altri corpi pesanti che può essere il caso di dover impiegare.

I cassoni vennero costrutti sul terreno stesso al preciso posto in cui dovevano essere affondati dopo di aver regolarizzata e resa orizzontale la superficie del suolo; nè più si pensò a sostenerli con guide per impedire che nella loro discesa vengano a deviare dalla posizione verticale, giacchè, verificandosi un tale inconveniente, immediatamente si toglie collo scavare il terreno più dalla parte verso cui il cassone è sollevato che dall'altra. I camini, in numero di quattro per ogni cassone, sono disposti per coppie a circa 1/5 dell'asse orizzontale di maggior lunghezza della pila a partire dagli estremi dell'asse medesimo, e ciascuna delle due coppie porta l'apparecchio in cui si trovano le camere d'aria per l'entrata e sortita degli operai e per l'estrazione dei materiali. Quest'ap-

parecchio è costrutto in modo da soddisfare alle seguenti condizioni: da essere la camera d'aria per l'entrata e per la sortita degli operai diversa da quella dell'estrazione dei materiali scavati; da esservi un apparato meccanico pel loro innalzamento lungo gli stessi camini di salita e di discesa degli operai, da non doversi applicare la forza motrice dell'uomo per il sollevamento delle materie scavate; e finalmente da aversi una disposizione opportuna per il facile versamento del calcestruzzo necessario al riempimento del cassone. La camera d'aria per l'entrata e per la sortita degli operai è uno scompartimento compreso fra due porte aprentisi per lo stesso verso dall'infuori all'indentro; la porta esteriore è collocata su una faccia dell'apparecchio, e mediante due robinetti si regola l'introduzione e la sortita dell'aria compressa in detta camera. La camera per l'estrazione dello sterro consiste in uno scompartimento di forma quasi parallelepipeda, comunicante coll'esterno mediante una porta a due imposte situata quasi dalla parte opposta a quella per cui ha luogo l'entrata e la sortita degli operai, e comunicante coll'interno dell'apparecchio, in cui trovasi situata, mediante un'apertura posta nel suo cielo ed ermeticamente chiudibile dall'alto in basso col mezzo di due imposte: anche in questa camera vi sono i due robinetti per farvi entrare e per emettere l'aria compressa. L'innalzamento dei materiali sterrati al fondo del cassone si ottiene mediante un apparato, detto *ad acqua compressa*, in cui impiegasi come forza motrice dell'acqua, proveniente da un serbatoio nel quale trovasi dell'aria costipata, e spinta in un cilindro mobile scorrevole nel senso del suo asse su una specie di stantuffo fisso; ed è per una ben studiata combinazione relativa all'entrata dell'acqua che deve agire in detto cilindro ed alla sortita di quella che ha di già agito, che esso concepisce quel moto rettilineo alternativo il quale, convenientemente trasformato con opportuni organi meccanici, produce il necessario moto rotatorio. Le terre da estrarsi si caricano al fondo del cassone in secchie metalliche a fondo mobile le quali, giunte al di sopra della camera d'estrazione, si scaricano in un vagonetto sottostante pure a fondo mobile: questo vagonetto, fatto scorrere su guide in ferro, può venir fuori della camera d'estrazione ed in tale posizione scaricato entro apposita doccia che versa sul terreno sottostante quanto riceve. Due grandi cilindri laterali, annessi all'apparecchio in cui si trovano le camere d'aria e posti coi loro assi verticali nello stesso piano dei camini servono al versamento del calcestruzzo. — Per la comoda discesa del calcestruzzo questi cilindri devono essere

foggiati come le camere d'aria, e quindi muniti verso la sommità e verso il fondo delle opportune due valvole aprentisi dall'alto in basso e degli opportuni robinetti per immettervi e lasciarvi sfuggire l'aria compressa. Sul cielo di ciascuno degli apparecchi delle camere d'aria vi è un robinetto per lo sprigionamento dell'aria contenuta nel cassone: ed alcuni forti cristalli, opportunamente disposti rischiarano a sufficienza l'interno dei detti apparecchi. — I compressori dell'aria e gli apparecchi destinati a sollevare l'acqua che vuolsi impiegare come forza motrice sono stabiliti in un sol luogo del cantiere e due condotte servono a portare, una l'aria compressa e l'altra l'acqua motrice agli apparecchi in cui sono necessari i detti elementi.

Gli operai attraversano le camere d'aria con manovre identiche a quelle che sonosi indicate in questo e nel precedente numero parlando dell'ufficio di altri apparati analoghi. — Per estrarre le materie provenienti dallo scavo si procede nel seguente modo: due operai, posti nell'interno dell'apparecchio delle camere d'aria manovrano a tempo conveniente un'apposita manovella onde ottenere l'innalzamento di una secchia piena e l'abbassamento di una secchia vuota, e appena una secchia piena giunge alla sommità della sua corsa ascendente sollevano le due imposte dell'apertura posta nel cielo della camera d'estrazione, tirano la detta secchia sopra il vagonetto e ne schiudono il fondo mobile; abbassano dopo le indicate imposte della camera d'estrazione, rimettono a sito il fondo della secchia e coll'apposita manovella fanno girare l'apparato ad acqua compressa affinchè discenda la secchia vuotata, e salga l'altra piena. Mentre i due operai posti nell'apparecchio delle camere d'aria fanno le due ultime manovre, due altri operai posti all'apertura esteriore della camera d'estrazione mettono questa in comunicazione coll'atmosfera, e appena è possibile aprire le imposte di detta apertura prendono il vagonetto carico, lo fanno scorrere sulle ruotaie fino all'esterno, ne schiudono il fondo per scaricarlo, lo mettono in condizione da poter ricevere nuovo materiale, lo fanno entrare nella camera d'estrazione, chiudono la porta ed il robinetto per cui detta camera comunica coll'aria libera, aprono quello per cui si immette in essa l'aria compressa, e così il tutto trovasi in istato da poter cominciare una nuova estrazione. — Il versamento del calcestruzzo si fa mettendone nei due cilindri fino a tale altezza che non si apra la loro valvola inferiore, dopo si chiude la valvola superiore e si lascia entrare aria compressa in ciascuno di essi: in breve si apre la valvola inferiore sotto il peso del calce-

struzzo, il quale, imboccando nei camini e per essi passando, si porta al fondo del cassone. — La muratura si eleva in un recinto di lamiera di ferro, e l'affondamento del cassone ha generalmente luogo in seguito a scavo in esso eseguito e per causa di diminuzione dell'interna pressione ottenuta col lasciar sfuggire dal robinetto posto superiormente all'apparecchio delle camere d'aria e d'estrazione una parte dell'aria compressa.

I cassoni per le pile del ponte di Mezzanacorte hanno la lunghezza massima di metri 15, la larghezza di metri 5,60 e l'altezza di metri 2,70.

201. **Breve cenno sui compressori impiegati nel costipare l'aria per fondazioni ad aria compressa.** — L'aria che viene immessa nei cilindri da affondarsi quando trattasi di eseguire delle fondazioni tubulari ad aria compressa e nei cassoni tuttavolta che è oggetto di operare come nell'ultimo numero si è detto, viene sempre da un serbatoio posto in vicinanza dell'apparecchio compressore. Quest'apparecchio essenzialmente consiste in un cilindro il quale comunica coll'atmosfera mediante un'apertura fornita di valvola apreutesi dall'esterno all'interno, e col serbatoio per una seconda apertura che si apre dal cilindro verso il serbatoio medesimo. Nel detto cilindro, per l'azione di una macchina a vapore, si muove uno stantuffo il cui gambo suole generalmente essere lo stesso gambo prolungato dello stantuffo motore dell'or indicata macchina, il quale nella sua corsa di avanzamento condensa l'aria, fa chiudere la valvola dell'apertura che comunica coll'atmosfera ed aprire quella posta all'ingresso del serbatoio, mentre nella corsa di regresso lascia dietro di sè il vuoto per cui si chiude l'ultima valvola mentre si apre la prima con entrata di aria esteriore nel cilindro, in cui si muove detto stantuffo, per essere poi condensata e cacciata nel serbatoio. È cosa constatata che nella compressione dell'aria ha luogo svolgimento di calore, che di tanto può esso elevare la temperatura dell'aria compressa da avere nel cassone una temperatura da 40 a 50 gradi centigradi con grave fastidio ed incomodo degli operai, e con celere deterioramento del caoutchouc impiegato per impedire le fughe dell'aria compressa. Per ovviare a questo inconveniente, che dal bel principio del lavoro si rimarcò a Kehl, si fa in modo che l'aria compressa, prima di entrare nel serbatoio, si trovi in contatto con acqua fredda rinnovantesi ed in modo continuo somministrata da una pompa mossa dalla stessa macchina a vapore che serve alla compressione dell'acqua. I compressori che vengono impiegati per somministrare l'aria compressa neces-

saria a fondazioni con cilindri o con cassoni, sono generalmente a doppio effetto, ossia sono fatti in modo che ad ogni colpo di avanzamento dello stantuffo abbia luogo, per un verso la cacciata dell'aria compressa nel serbatoio, e per l'altro verso l'aspirazione dell'aria esterna, la quale nel colpo di regresso e per altra apertura viene poi cacciata nel serbatoio. Qualche valvola di sicurezza convenientemente caricata deve trovarsi adattata al serbatoio dell'aria compressa, ed un manometro ne deve indicare il grado di compressione.

Per non andare incontro a disgustosi accidenti che potrebbero avvenire agli operai scavatori qualora per rottura di qualche compressore fosse per scemare la pressione dell'aria nel cassone, è cosa della massima importanza di avere una seconda macchina che in qualsiasi momento sia pronta ad agire.

202. Alcuni apparecchi da palombaro. — Avvengono talvolta delle circostanze in cui, eseguendo delle fondazioni subacquee, si rende necessario che alcuni operai si portino sott'acqua e che lungamente vi rimangano per l'esecuzione di qualche lavoro: sono allora indispensabili degli opportuni apparati che permettano agli uomini di rimanersi sott'acqua senza essere da questa danneggiati e soffocati, e tali apparati si riducono principalmente alla *campana da palombaro*, allo *scafandro* ed all'apparecchio del signor Rouquayrol.

La *campana da palombaro*, quale venne perfezionata da Rennie e quale viene ancora attualmente impiegata nell'Inghilterra, ha la forma d'un tronco di piramide vuoto a basi quadrate quasi eguali, colla base maggiore in basso, col lato medio di metri 1,38, coll'altezza esterna di metri 1,85 e coll'interna di metri 1,72. Questo apparecchio è di ferro fuso, le sue pareti hanno spessore tale che gettandolo nell'acqua non possano succedere delle spaccature, ed il suo peso è regolato in modo da non essere necessario di zavorrarlo quantunque pieno d'aria. Alla sommità della campana è praticata un'apertura posta in comunicazione del suo interno mediante più fori circolari chiusi da altrettante valvole di cuoio aprentisi dall'alto in basso. Un forte tubo pure di cuoio ben avvitato nell'apertura esteriore arriva fino ad un compressore d'aria collocato sul ponte di servizio o sulla nave da cui si manovra la campana, la quale viene sospesa a robuste catene attaccate a grossi anelli in ferro saldamente fermati nel corpo della campana all'atto della sua fusione. Dodici lenti circolari in vetro di molto spessore, distribuite sulla faccia superiore dell'apparecchio e saldamente fissate in modo

che le unioni siano inaccessibili all'acqua, servono a rischiarare l'interno della campana; il suo peso totale è di circa 4000 chilogrammi, e serve comodamente per due uomini che si pongono sopra sedili convenientemente stabiliti. Il compressore destinato a fornire aria nella campana viene ordinariamente manovrato da quattro uomini, e, affinchè quest'aria non eserciti dannose influenze sulla salute degli operai, non deve essa contenere più di 4 a 5 per 100 d'aria viziata, la qual cosa si ottiene quando la macchina rinnovi da 4 a 5 metri cubi d'aria per ogni ora e per ogni uomo. L'aria viziata per causa della respirazione, essendo più calda e conseguentemente meno densa dell'aria fredda, s'accumula nell'alto della campana e viene espulsa mediante un robinetto. — L'impiego della campana da palombaro si fa con apparati destinati ad innalzare e ad abbassare pesi stabiliti su ponti di servizio o su battelli e manovrati da uomini: allorquando i palombari sono allogati nella campana, si fa questa discendere adagio adagio: a misura che essa s'immerge nell'acqua la pressione dell'aria nel suo interno cresce ed i palombari provano un certo malessere, e particolarmente nelle orecchie un dolore abbastanza vivo che generalmente sparisce chiudendo la bocca e le narici ed operando in quest'ultima un movimento di deglutizione. Allorquando l'acqua è limpida, l'interno della campana rimane abbastanza bene illuminato, ed i segnali necessari per indicare agli operai che la manovrano quali movimenti devono in essa indurre vengono generalmente fatti mediante colpi di martello che i palombari danno sulle pareti dell'apparecchio in cui si trovano.

Vi sono anche delle campane da palombaro assai maggiori di quella ora descritta, e già se ne costrussero delle circolari coll'interno diametro di metri 3,85 e coll'altezza di 5 metri, nelle quali possono utilmente lavorare da 12 a 15 uomini. Queste grandi campane sono munite di lenti, di valvole, di tubo per immettervi l'aria e di robinetti per la sortita dell'aria viziata come quelle di Rennie, salvo che devono essere manovrate da robuste macchine a motivo del grande loro peso, ed alimentate da compressori mossi dal vapore a causa della vasta loro capacità e del gran numero di operai che esse possono ricevere.

Lo *scafandro*, apparecchio stato immaginato da Sièbe, vien portato dal medesimo palombaro, il quale rimane così libero ne' suoi movimenti ed in condizioni da poter anche condurre a termine dei lavori di costruzioni e di ristauro sotto considerevoli altezze d'acqua. Quest'apparecchio, per quanto spetta alla parte che viene

indossata dal palombaro, si compone: d'un vestimento impermeabile di caoutchouc in un sol pezzo il quale, partendo dalle spalle, in basso copre il corpo a guisa di un paio di calzoni; d'un copri-spalle in metallo, il cui colletto circolare è lavorato a vite, e la cui parte inferiore è munita di benderelle in rame e di quanto occorre per essere congiunta al detto vestimento impermeabile, senza che l'acqua possa insinuarsi nelle commessure; d'un elmo o cappello in metallo di forma ovale, coll'altezza di metri 0,35 e colla larghezza di metri 0,27; di un paio di scarpe di piombo; di piastre pure in piombo; e finalmente di vestimenti in lana. La parte inferiore dell'elmo, all'altezza del collo, è aperta, e porta una chiocciola che si adatta alla vite del copri-spalle; la faccia anteriore è munita all'altezza degli occhi di due vetri molto spessi del diametro di metri 0,10, ed all'altezza della bocca di un vetro del medesimo diametro il quale trovasi in un anello metallico armato di vite, per cui può essere fermato nell'apertura dell'elmo che fa funzione di chiocciola. I vetri sono difesi da piccole grate metalliche. Il condotto d'aspirazione dell'aria pura e quello dello sprigionamento dell'aria viziata sono formati nell'interno dell'elmo da piccoli canali collocati attorno i vetri; l'aria pura arriva da quella parte dell'elmo che in alto corrisponde dietro la testa, e per questo motivo trovasi l'elmo medesimo fornito d'un breve tubetto esternamente lavorato a vite che riceve la chiocciola d'un tubo in caoutchouc di metri 0,035 di diametro, il quale porta l'aria pura somministrata da un compressore d'aria; l'aria viziata sorte da una piccola apertura fornita di valvola, posta in corrispondenza della parte posteriore dell'elmo in modo da non permettere l'entrata dell'acqua. — Per vestirsi dello scafandro si procede come immediamente viene indicato. Nell'intento di assorbire la traspirazione, si indossa innanzi tutto uno o due paia di calze, un paio di mutande ed un giubbetto di lana grossa; si mette dopo il vestimento in caoutchouc, che bisogna avere l'avvertenza di collocare presso il fuoco, onde rammollirlo, nel caso in cui sia rigido, giacchè senza questa precauzione potrebbero in esso avvenire delle fenditure; si posa sulle spalle un cuscino a corona che si fa passare pel di sopra della testa; e su questo cuscino si pone il copri-spalle per introduzione della testa nel suo collare, e si ferma mediante le opportune benderelle e fasciature di rame fortemente strette da viti. Affinchè l'acqua non possa farsi strada sotto il vestito impermeabile passando fra i suoi bordi e le braccia del palombaro, si legano quelli strettamente mediante liste di caoutchouc, avendo

cura di porre dei pezzi di tela usata fra la pelle ed il detto vestimento. Si mette dopo un altro paio di calze sopra il caoutchouc e quindi si indossa un vestito di grossa tela avente per iscopo di impedire i guasti che potrebbero derivare al vestito impermeabile da fregamenti e da urti. Fatto questo, il palombaro si pone le scarpe di piombo ai piedi, si ricopre la testa di un berretto di lana, il quale ben deve applicarsi alle orecchie, che è anche bene di otturare mediante cotone, si mette l'elmo, senza il vetro mobile in corrispondenza della bocca, e ben lo avvita al collare del coprispalle, e finalmente si carica di due piastre in piombo, una d'innanzi e l'altra di dietro, in modo che la corda che le fissa, dopo d'aver attraversato degli occhielli esistenti nell'elmo ed i detti pesi, venga ritenuta sul d'innanzi mediante un nodo scorritoio. — Il palombaro così vestito è pronto per discendere nell'acqua, ed ecco le avvertenze da aversi e le manovre da eseguirsi per questa delicata operazione: innanzi tutto si misura la lunghezza di tubo necessario per l'operazione da farsi, il quale si prende almeno di 1/3 più lungo della lunghezza ottenuta; un'estremità di detto tubo, disteso in retta linea, si adatta al compressore dell'aria, e si fa questo funzionare per togliere la polvere che in quello può essersi introdotta; dopo si dispone il tubo medesimo in forma di serpentino sul palco dal quale il palombaro ha da discendere nell'acqua, affinchè non possa essere interrotto il passaggio all'aria che in esso deve passare; l'estremo libero si avvita all'elmo e, facendo in modo che il detto tubo passando al disotto del braccio sinistro venga sul davanti del palombaro, lo si mantiene contro il corpo mediante una cintura alla quale è generalmente annesso un astuccio contenente un coltello che serve per tagliare sott'acqua ciò che può porre imbarazzo; finalmente attorno al corpo e sul davanti della spalla diritta si attacca la corda dei segnali, e che si può anche dire di salvamento, giacchè serve ad estrarre chi si trova sott'acqua quando avvengagli qualsiasi funesto accidente. Fatto questo, si chiude col suo vetro l'apertura dell'elmo posta in corrispondenza della bocca, senza interruzione si fa agire il compressore dell'aria, ed il moto di questo si regolarizza a seconda dei bisogni del palombaro, il quale mediante segni indicherà di agire più celeramente quando provi difficoltà di respiro e granchi di stomaco, meno celeremente quando senta dei forti sibili alle orecchie. Il palombaro discende nell'acqua per una scala appositamente collocata e, appena succede la totale sua immersione, prova un fortissimo mormorìo alle orecchie, più non sente i rumori esterni e

si trova in un'oscurità quasi completa, la quale cessa dopo qualche minuto di soggiorno nell'acqua. Se il palombaro deve portarsi ad una grande distanza dalla scala, a questa attaccherà una cordicella che terrà in mano per non disorientarsi: si munirà d'un bastone che gli servirà d'appoggio, ed avrà l'avvertenza di marciare all'indietro ed a tastone se è oscuro; deve muoversi lentamente ed in direzioni determinate per non imbarazzarsi e per non urtare contro corpi duri che potrebbero produrre lo spezzamento dei vetri. Due uomini di confidenza devono continuamente stare dove è disceso il palombaro, per accuratamente badare alla corda dei segnali ed al tubo d'aspirazione che sempre deve essere moderatamente teso: se la corda fa loro sentire la minima scossa, dovuta ad una caduta o a qualsiasi altro accidente, immediatamente devono prestare soccorso al palombaro, attentamente curando a che non succeda interruzione di lavoro nella macchina comprimente l'aria. I due sorveglianti di tanto in tanto devono indicare al loro sorvegliato che tutto va bene, il quale a sua volta deve rispondere. I segnali si fanno tirando la corda di salvamento per un certo numero di volte, convenuto in ragione della natura del lavoro. Il palombaro ed i sorveglianti possono anche reciprocamente corrispondersi scrivendo quanto desiderano su un pezzo di lavagna fissato all'estremità di una funicella. Ad ogni ora i palombari devono sortire dall'acqua, e quelli che per le prime volte vestono lo scafandro devono incominciare dall'abituarsi col discendere a piccole profondità e col rimanere sommersi per poco tempo. Avvenendo il caso di dover allungare il tubo d'aspirazione, si fa sortire il palombaro dall'acqua, e, togliendo il vetro posto all'altezza della bocca, si pone esso in condizione da poter liberamente respirare nel mentre si fa il voluto allungamento.

Il nuovo apparecchio da palombaro del signor Rouquayrol, ingegnere capo delle miniere di Francia, consiste essenzialmente in un serbatoio a pareti metalliche, della capacità di circa 8 litri, che il palombaro si carica sulle spalle, che riceve l'aria somministrata da apposito compressore, e che la trasmette ad un *regolatore del consumo dell'aria* posto nella sua parte superiore, d'onde viene somministrata al palombaro. L'aria arriva nell'interno del serbatoio col mezzo di un tubo di caoutchouc, ed all'unione di questo tubo colla parete del serbatoio stesso trovasi una valvola che tende a chiudersi dal di dentro all'infuori, e che renderebbe così impossibile il disperdimento dell'aria qualora avvenisse rottura nel suddetto tubo. Il regolatore del consumo dell'aria consiste in uno

scompartimento posto al disopra del serbatoio con cui comunica per un piccolo orifizio circolare munito di valvola conica che si apre dall'alto in basso, chiuso superiormente da un piattello di legno o di metallo con diametro minore di quello dell'interna capacità del regolatore stesso e coperto con una lamina di caoutchouc, la quale, avendo una superficie più ampia di quella del piattello, lo unisce alle pareti verticali del regolatore che così rimane ermeticamente chiuso. In virtù dell'indicata disposizione si ottiene che il piattello è suscettibile di cedere ad una pressione sia esterna, sia interna, la quale, tendendo il caoutchouc in un senso o nell'altro, fa abbassare od innalzare il piattello stesso, che porta inferiormente un'asta metallica il cui asse coincide con quello della nominata valvola conica. Un tubo flessibile di caoutchouc si diparte dal regolatore e va a finire alla bocca del palombaro cui somministra l'aria necessaria alla respirazione. — Il modo di agire del descritto apparecchio è il seguente: comprimendosi aria nel serbatoio si mantiene chiusa la valvola conica per cui esso comunica col regolatore; quando il palombaro, tenendo l'apparecchio caricato sulle spalle e fra i denti il tubo di respirazione che gli chiude ermeticamente la bocca (essendo pure chiuso il naso mediante una specie di pinzetta con vite di pressione), aspira una parte dell'aria contenuta nel regolatore, tosto, per eccesso di pressione esterna sulla interna, il piattello e l'asta al medesimo unita si abbassano, si apre la valvola conica, l'aria del serbatoio penetra nel regolatore, da questo nel tubo di respirazione, quindi nel polmone del palombaro e ristabilisce l'equilibrio. Cessata l'aspirazione, la valvola si chiude per eccesso di pressione dell'aria contenuta nel serbatoio e nuovamente rimane intercetta la comunicazione fra questo ed il regolatore, finchè la successiva aspirazione rinnova il giuoco sovradescritto. Per l'espirazione una valvola applicata lateralmente alla camera d'aria, nella parte opposta a quella ove finisce il tubo di respirazione, si apre per lo sforzo del polmone e lascia passare una parte dell'aria espirata: l'altra parte poi, che anche facilmente si potrebbe espellere, si mescola coll'aria pura del regolatore, ottenendo così un'economia che in certi casi non manca d'importanza senza che ne derivino dei sensibili inconvenienti. — Il palombaro, per rendere comoda e sicura la respirazione, pone fra i denti e le labbra una semplice lamina di caoutchouc forata ed applicata all'estremità del tubo di respirazione, il quale non può sfuggire di bocca quando si tengano stretti coi denti due appendici. Al momento dell'aspirazione, che è quello in cui

l'acqua potrebbe entrare nella bocca, il primo effetto che si verifica è quello di produrre una forte aderenza della lamina ai denti ed alle gengive e di formare così un'ermetica chiusura che impedisce qualsiasi introduzione d'acqua. La valvola d'espirazione poi è formata di due lamine sottili di caoutchouc, unite alle estremità nel senso della loro lunghezza, le quali, per pressione dell'acqua e dell'elasticità del caoutchouc, si mantengono aderenti l'una all'altra in modo da impedire ogni accesso all'acqua stessa, mentre per il più leggier sforzo del polmone si allontanano un tantino dando luogo all'emissione dell'aria. — Il signor Rouquayrol propose una macchina speciale per la compressione dell'aria nell'apparecchio da esso inventato, ed ebbe principalmente in mira di rinchiudere l'aria fra strati di acqua in guisa da rendere impossibile ogni fuga e da farle perdere il calore che necessariamente deriva dalla compressione.

Fra i descritti apparati da palombaro l'ultimo sembra quello che presenta i maggiori vantaggi: esso somministra al palombaro la quantità d'aria che il suo polmone richiede alla pressione dell'ambiente in cui si trova, e per conseguenza esattamente adempie alle condizioni richieste da una regolare respirazione, la qual cosa costituisce un notevole progresso, giacchè negli altri sistemi il palombaro è soggetto a ricevere dell'aria ben spesso non in proporzione al suo bisogno e di soverchia o minore pressione del mezzo in cui si trova, da cui ne risultano degli sconcerti fisici e vitali che sono tanto più gravi quanto maggiori sono le profondità a cui il palombaro deve lavorare; permette di costantemente verificare lo stato del palombaro sott'acqua a motivo delle bolle d'aria emesse dal suo polmone e che vengono alla superficie, mentre manca affatto questo controllo negli altri apparecchi ove le bolle alla superficie ad altro non accennano se non che ad eccesso d'aria in essi accumulata; non è necessaria l'azione continuata della macchina a compressione, e, succedendo qualche sconcerto in essa, si ha il tempo utile di alcuni minuti in cui il palombaro può con facilità e sicurezza essere rimontato a galla; il vestito non essendo un involucro da cui dipende la vita del palombaro, ma un semplice riparo dal freddo e di cui in un clima caldo si può far senza, può essere ridotto alla massima leggierezza in modo da permettere anche alcuni movimenti, che sarebbero impossibili coll'impiego dello scafandro.

CAPITOLO VI.

Lavori per la conservazione del letto e delle sponde dei corsi d'acqua.

203. **Distinzione dei corsi d'acqua relativamente alla loro velocità ed indicazione dei principali lavori per la conservazione del loro letto e per la difesa delle loro sponde.** — I corsi d'acqua si distinguono in corsi *a piccola, a media ed a grande velocità*. I corsi d'acqua a piccola velocità sono quelli che anche nelle piene corrono sì lentamente da poter trascinare solo sabbia e limo; sono a media velocità quelli che nelle piene trasportano ciottoli e ghiaie; e finalmente si dicono a grande velocità quelli che in tempo di abbondanti acque corrono con tal veemenza da trasportare grosse pietre.

I principali lavori per la conservazione del letto e delle sponde dei corsi d'acqua, che sempre devono essere eseguiti secondo le risorse del paese in materiali, giusta la natura delle sponde e del fondo, giusta la direzione e la forza della corrente e l'urgenza della difese, consistono: nelle *incamiciate di stuoie, di cannucce, di paglia, di pietre a secco, di pietre con malta, di calcestruzzo* e *di fascine*, nelle *prismate*, nei *paradori*, nelle *gabbionate*, nelle *fascinate* o *lavori di rosta*, nelle *gettate*, nei *piantamenti di verde* o *a boschetto*, nei *moli*, nei *pennelli o repellenti*. Altre potenti opere di difesa contro le acque sono gli *argini* dei quali lungamente si parlerà al volume sulle *Costruzioni civili, stradali ed idrauliche*, giacchè costituendo essi una vera costruzione idraulica, non possono razionalmente trovar posto in questo volume in cui mi sono proposto di trattare soltanto dei principali lavori formanti gli elementi delle costruzioni complete.

204. **Incamiciate di stuoie, di cannucce, di paglie, ecc.** — Queste incamiciate consistono in rivestimenti fatti alle fronti minacciate di corrosione mediante stuoie, mediante grisole di cannuccie palustri intessute con treccie di strame, mediante paglia regolarmente stratificata, e mediante graticci (num. 55).

Le stuoie, le grisole ed i graticci si assicurano alla scarpa che difendono con palotti conficcati a convenienti distanze nella scarpa medesima e con legature di vimini. Le paglie si dispongono nel senso del pendio della superficie da rivestirsi in uno strato del-

l'altezza di metri 0,05, e si mantengono a posto mediante legacci pure di paglia della grossezza di circa metri 0,06 accuratamente contorti, posti per corsi orizzontali a distanza di metri 0,15 a 0,20, piegantisi per attraversare lo strato di paglia a distanza di metri 0,25 a 0,30 ed insinuantisi nel terreno per una profondità di metri 0,15 a 0,20. La figura 203 rappresenta in proiezione orizzontale ed in sezione longitudinale, secondo la retta XY, una porzione di scarpa rivestita di paglia.

A seconda degli usi e delle circostanze particolari dei luoghi, si possono fare altre incamiciate del genere di quelle or ora indicate: in generale bisogna avvertire di estenderle ben oltre la fronte minacciata per modo che le due estremità possano essere assicurate in un terreno ben stabile, e di limitarne l'impiego al caso di rive che sono lambite da acque che scorrono con poca velocità, e le cui terre non sono di quelle facili a scoscendere. Queste incamiciate durano poco ed esigono una manutenzione, facile sì, ma quasi continua.

205. **Incamiciate di pietre a secco.** — Le incamiciate a secco verranno costrutte colle norme già date al numero 59, assegnando loro grossezza anche minore di quelle indicate in detto numero, qualora poggino su terre non facili a scoscendere coll'unico scopo di preservarle dal contatto delle acque correnti che potrebbero corroderle. Siccome poi la stabilità di un'incamiciata è incerta, e che basta lo spostamento di un sol blocco per promuovere la completa sua rovina, è cosa importante la costruzione di una ben stabilita fondazione, la quale nei corsi d'acqua di piccola velocità può essere ridotta ad un semplice muro a secco costrutto in un fosso o incassatura scavata nel terreno tutto al lungo del piede dell'incamiciata medesima. Nei corsi d'acqua i quali corrono con una certa rapidità, l'indicato sistema di fondazione può risultare insufficiente, e generalmente torna conveniente di piantare, siccome vedesi dalla figura 204 che rappresenta la sezione trasversale dell'opera, due file di pali P posti a distanza di circa 1 metro l'uno dall'altro, di rilegarli con catene C e con filagne F, di stabilire fra essi una solida pietraia contro la quale appoggia l'incamiciata I, e di difendere il tutto con una gettata G in grossi massi.

206. **Incamiciate di pietre posate con malta ed incamiciate di calcestruzzo.** — Queste incamiciate si devono sempre eseguire su scarpe le cui terre siansi già perfettamente assodate; qualora sia imperiosa necessità di costrurle sopra terre di recente smosse, converrà assoggettare quest'ultime ad una compressione artificiale;

ed in generale torna assai conveniente di stabilirle sopra un selciato estendentesi a tutta la superficie da ricoprirsi. La loro costruzione si incomincierà coll'impiantarvi una conveniente fondazione, ed a partire dal basso si verrà su disponendo le pietre per corsi regolari normalmente alla superficie che si riveste, facendo in guisa che ciascuna pietra risulti ben collegata a tutte quelle che la circondano per l'interposizione di una sufficiente quantità di malta, ed accuratamente procurando che risultino alternati i giunti nel senso del pendio.

Trattandosi di elevare un terrapieno il quale deve trovarsi esposto alle corrosioni che vi può apportare un corso d'acqua, si eleverà esso per successivi cordoli orizzontali, e l'incamiciata si eseguirà a misura che il terrapieno si eleva.

Le figure 205, 206, 207 e 208 rappresentano le sezioni trasversali di altrettante incamiciate in muratura. Generalmente, quando esiste il selciato, si assegna ad esso uno spessore non maggiore di metri 0,15. Gli spessori compresi fra metri 0,25 e metri 0,35 sono quelli che convengono per la parte in muratura delle incamiciate di spessore uniforme (*fig.* 205 e 206). Per le incamiciate a spessore non uniforme (*fig.* 207 e 208) suolsi nelle ordinarie circostanze fare di circa 1 metro la larghezza AB della fondazione, di circa metri 0,80 la larghezza CB al fondo della vera incamiciata e di circa metri 0,30 la sua larghezza DE alla sommità. Il masso ABFH suolsi eseguire in calcestruzzo allorquando risulta molto alto, ed in tale circostanza è necessario un incassamento costituito da due paratìe parallele, foggiate come si è indicato al numero 180, oppure come appare dalla già citata figura 208, dove la paratia interna si riduce a sole palanche p verticalmente conficcate nel terreno e la paratia esterna alle palanche p' piantate nel terreno e ritenute alla sommità da longarine L saldamente inchiodate ai pali P. Le gettate G al piede delle incamiciate sono indispensabili nelle acque agitate ed a rapido corso.

Si fanno anche delle incamiciate in calcestruzzo, e la forma che più di frequente affettano, o è quella rappresentata dalla figura 208 quando si faccia in calcestruzzo la parte ABED, oppure quella a risalti indicata in sezione trasversale nella figura 209 con spessore minimo AB non minore di metri 0,40. Le norme per la materiale esecuzione di queste incamiciate si deducono facilmente da quanto in generale si è detto ai numeri 133 e 135 parlando della struttura murale in calcestruzzo.

207. Prismate. — I blocchi di calcestruzzo aventi la forma di

prismi retti con base triangolare equilatera disposti come in fronte ed in sezione trasversale appare dalla figura 210, ossia in direzione normale alla superficie che rivestono, costituiscono un mezzo assai potente di difesa delle rive contro acque soggette a grandi piene e con rapido cammino. Le dimensioni dei blocchi sono assai variabili e, senza risultare d'un maneggio difficile, devono essi crescere di volume e quindi di peso col crescere della velocità del fiume o torrente in cui vengono impiegati.

208. **Paradori.** — I *paradori* che diconsi anche *palafitte*, *steccaie* e *passonate* consistono in una o più file di grossi pali piantati a sufficiente profondità sul dinanzi delle rive che trovansi esposte ad essere obbliquamente investite dalla corrente, rilegati quelli di una medesima fila da uno o più ordini di filagne ai pali stessi inchiodate, e posti a distanza di circa metri 0,40. Le diverse file di pali, nell'intento di formare un tutto ben stabile, si connettono fra loro mediante catene in legno le quali si fermano alle filagne con immorsature o caviglie in ferro. Quasi sempre i paradori vengono esternamente rivestiti, ed il rivestimento si fa o con tavoloni inchiodati sui pali e sulle filagne, ovvero con un sistema di grisole raddoppiate con paglia frapposta e con intelaiatura di pertiche secondo la struttura descritta da Giuseppe Antonio Alberti al capo VII delle *Istituzioni pratiche per l'ingegnere civile*. Nei paradori a più file di pali si fa un'interna riempitura di terra o di sassi, talvolta alternata con istrati di fascine.

Un paradore di forma assai semplice ed economico in pari tempo è quello in sezione trasversale rappresentato colla figura 211, il quale consiste in una fila di pali P piantati a distanza non maggiore di metri 0,40, e rinforzati da pali o *orboni* O posti in forma di puntelli. Ciascuno di questi orboni è assicurato al palo che rinforza mediante intaccatura e caviglia in ferro, ha la sua punta conficcata nella ripa che hassi in mira di difendere, ed è ritenuto da due paletti o terraficcoli laterali *p* ai quali trovasi inchiodato. Un ordine di filagne F serve a tenere ben concatenati fra loro tutti i paradori che proteggono una medesima riva, ed un rivestimento di tavoloni *r* impedisce che le acque vengano a danneggiarla.

L'esperienza ha fatto vedere che i paradori, nel mentre sono ripari di breve durata, provocano dei grandi vortici i quali sono causa dello scalzamento dei pali, della rovina dei paradori stessi, e di grandi escavazioni al piede della ripa che avevasi in mira di difendere, per cui nessuna meraviglia se il loro uso è assai limitato e quasi proscritto dalla sana pratica.

209. **Gabbionate.** — I *gabbioni* lunghi da 3 a 4 metri e col diametro di metri 1 a 1,20, costrutti come si è indicato al numero 56, gettati a terra, chiusi ad un'estremità con un fondo tessuto di verghe, riempiti di terra, di ghiaia o anche di mattoni, chiusi all'altra estremità e quindi convenientemente messi in opera, formano un efficace ed utile sistema di riparo nei corsi d'acqua a velocità media.

I gabbioni si mettono in opera sulle rive minacciate (come in sezione trasversale appare dalla figura 212) ordinandoli per file regolari sovrapposte A, B, C, in modo che il piede della fila più bassa penetri alcun poco sotto il pelo delle acque magre, ponendoli in stretto contatto l'uno coll'altro ed assicurando ciascuno di essi nella giusta posizione mediante due o tre paletti appuntati, i quali, passando il gabbione da parte a parte, vanno a conficcarsi perpendicolarmente nella fronte che si riveste. Qualora occorra di colmare un gorgo esistente al piede della scarpa già rivestita o di fortificarla in basso, si possono sommergere, siccome appare dall'ultima citata figura, dei gabbioni in modo che vadano a stivarsi più regolarmente che sia possibile sul fondo che li deve ricevere, coi loro assi paralleli alla direzione della corrente, producendo un riempimento regolarmente acclive dinanzi alla riva minacciata.

Pel riempimento di gorghi in prossimità di ripe minacciate e per altri lavori da piantarsi sul fondo di qualche fiume, anzichè per la costruzione di frontali armature, si sogliono anche adoperare le *burghe* ed i *gorzi*, che hanno struttura somigliante a quella dei gabbioni con forma conica. Tanto le burghe quanto i gorzi hanno lunghezza di 4 in 5 metri, quelle ammettono un diametro di circa metri 1,50 alla base maggiore, e di circa 1,20 alla base minore, questi si fanno col diametro maggiore di circa metri 2,50, e col minore di circa 2,25.

Per colmare i gorghi e per consolidare i piedi delle ripe minacciate, invece dei gabbioni, delle burghe e dei gorzi, più economicamente si possono impiegare le *volpare* ed i *volparoni*, che consistono in terre o in ghiaie avvolte in un involucro di paglia o di strame. Più durevoli delle volpare e dei volparoni sono i *salsiccioni*, i quali sono costituiti da una fodera di ramaglie internamente ripiena di ghiaia e stretta con ritorte in molti punti della sua lunghezza in modo da formare un masso quasi cilindrico colla lunghezza di circa 4 metri e col diametro nel mezzo non maggiore di metri 2,50.

210. **Incamiciate di fascine.** — Queste incamiciate, siccome in

proiezione orizzontale ed in sezione trasversale lo indica la figura 213, si compongono di più strati di fascine disposte colla loro lunghezza nel senso del pendio della scarpa che rivestono, rilegati a file di palotti piantati a distanza di metri 0,50 a 1 metro mediante gorre intrecciate secondo direzioni orizzontali, e congiunti l'uno coll'altro mediante ritorte che leghino alcune fascine di ogni strato con quelle dello strato immediatamente inferiore. I palotti sono attraversati da fori in vari punti della parte che deve trovarsi all'altezza delle fascine, ed in questi fori si conficcano delle caviglie in legno che servono a ritenere le ritorte al loro posto. — Nell'intento di rendere ben compatta l'opera di difesa convien mettere della terra, della sabbia o della ghiaia fra l'uno e l'altro strato di fascine.

Le incamiciate di fascine a più strati possono essere adoperate nei corsi d'acqua a velocità media, e convengono quelle ad uno strato solo nei corsi d'acqua a piccola velocità. Talvolta si consolidano le incamiciate di fascine coprendole con un corso di grosse pietre piatte.

211. **Fascinate o lavori di rosta** — Questi lavori si fanno per proteggere le rive ed altre opere fatte nei corsi d'acqua a media ed a grande velocità, e consistono nella soprapposizione di molti strati orizzontali di fascine alternati con terra i quali formino un sistema unito con una fronte talmente robusta che con facilità non possa restar alterata dalla corrente.

La figura 214, mediante una sezione trasversale e mediante un elevazione, rappresenta un lavoro di rosta eseguito come immediatamente viene indicato. Appiedi della ripa che vuolsi proteggere si incomincia dall'aprire un fosso, detto *cassa del lavoro*, fino alla profondità di circa 1 metro sotto il fondo naturale del corso d'acqua, ed avente larghezza eguale a quella che deve presentare l'imbasamento dell'opera da farsi. Sul fondo della cassa, ridotto ben orizzontale, si stende uno strato uniforme di fascine alto metri 0,2, ed alla distanza di circa metri 0,4 si piantano tante file di pertiche parallele alla ripa, conservando anche fra le pertiche di una medesima lila l'ultima citata distanza. Il diametro delle dette pertiche può essere di metri 0,05, e la loro lunghezza di 2 a 3 metri, giusta la varia natura del fondo in cui devono essere conficcate in modo da sorgere sovr'esso per metri 0,4 ossia metri 0,2 sullo strato di fascine. Ai capi delle pertiche, che verticalmente escono sopra il detto strato di fascine, s'intreccia a lila per fila un tessuto di verghe e gorre fino alla sommità delle stesse pertiche, il quale tessuto prende il nome di *cordonata*. I vani longitudinali che così riman-

gono fra le cordonate si riempiono di ghiaia oppure di buona terra sminuzzata e battuta con diligenza, per modo che sullo strato di fascine si viene a stabilire uno strato egualmente alto di ghiaia o di terra: lo strato di fascine e quello soprapposto di ghiaia o di terra costituiscono ciò che chiamasi *primo piano di rosta*. — Sul descritto primo piano di rosta se ne stabilisce un altro di eguale struttura, ma di tanto in rientranza verso la ripa da far acquistare alla fronte del lavoro il prestabilito pendio. Nello stesso modo si vanno costruendo altri piani di rosta uno sull'altro fino a raggiungere la fissata altezza.

Sopra un fondo il quale non rimanga asciutto in tempo di magre risulta impossibile il descritto impianto dei lavori di rosta, e qualora debbansi stabilire simili lavori sopra un fondo costantemente sommerso, bisognerà fare una fondazione con robuste pertiche o con pali di mediocre grossezza piantati a sufficiente profondità, fra i quali verranno gettate delle ramaglie e della terra in modo da formare un riempimento che ben battuto e conguagliato al livello del pelo magro del fiume somministra un imbasamento dal quale si possono far partire i piani di rosta operando all'asciutto.

Nei piani di rosta sottoposti al pelo delle acque magre detti *piani morti* si può indifferentemente usare di legne secche o di legne verdi; nei piani superiori però, detti *piani vivi*, è della massima importanza di mettere in opera delle legne verdi, affinchè possano essere in grado di germogliare e di produrre quei bassi imboscamenti che notevolmente influiscono nell'assodare le sponde e nell'indebolire la forza della corrente.

212. **Gettate.** — Tuttavolta che la troppa altezza dell'acqua impedisse di protrarre le opere di difesa delle ripe minacciate fino a raggiungere il terreno, ed anche quando importa di assicurare l'esistenza di un'opera di difesa già eseguita contro l'impeto di acque agitate ed a grande velocità, tornano utili la gettate di grossi massi calati a fondo in modo che con buon ordine vadano tutti a stivarsi al piede dell'opera minacciata con una scarpa conveniente. Le gettate tornano utili tanto nei corsi d'acqua a grande quanto in quelli a media velocità, quando per farle si prendono massi di tal volume che la forza della corrente e dei suoi moti vorticosi non sia capace a smuoverli.

Le gettate non si fanno solamente con pietre naturali, ma dove questi materiali sono scarsi si ricorre all'impiego di massi artificiali di calcestruzzo, quali sono i prismi, di cui già altra volta si è tenuto discorso, ed i sacchi quasi pieni di calcestruzzo, di gab-

bioni, di burghe, di gorzi, di volpare, di volparoni e di salsiccioni. — In un fondo limaccioso le gettate di massi di pietra e di blocchi di calcestruzzo non sono convenienti, giacchè a motivo del considerevole loro peso s'affondano in tale terreno e rendono l'opera eccessivamente dispendiosa.

Un sistema di difesa assai semplice, raccomandato dall'ingegnere Defontaine, e che riuscì assai vantaggioso per proteggere le sponde del Reno, dove le acque, oblique alle rive su cui arrivano, scavano dei profondi gorghi in poche ore di piena, è quello rappresentato in sezione trasversale colla figura 215. La parte ABC viene eseguita con salsiccioni; la ripa si guernisce di un filare di grosse pietre dove vien bagnata dalle acque massime e d'un doppio filare dal fondo fino al di sopra del livello delle acque medie; al fondo poi vien fatta una sassaia di grossi massi che lo protegge contro la forza escavatrice dell'acqua nel mentre ritiene le pietre poste su pel pendio della ripa.

213. Piantamenti di verde o a boschetto. — Questi piantamenti si fanno con piantoni appena tagliati di salice, di ontano o di altro legno qualunque facile a germogliare nei siti umidi, del diametro di circa metri 0,05 e della lunghezza di 2 a 3 metri. I piantoni si piantano verticalmente per file parallele distanti l'una dall'altra di circa metri 0,4 ed a tal distanza si pongono pure quelli di una medesima fila, avendo cura che riescano alternati da una fila all'altra. Mediante pertiche poste longitudinalmente e mediante altre poste trasversalmente e diagonalmente ed annodate ai piantoni con vimini, si determinano tanti scompartimenti che possono essere riempiti di terra e di sarmenti. Queste piantagioni, qualora si facciano in stagione opportuna, dall'autunno alla primavera, producono un folto boschetto, il quale, nel mentre serve a reprimere la velocità delle piene, promuove la deposizione delle torbide e quindi la protrazione del piede delle ripe minacciate.

Talvolta, invece delle pertiche allacciate da un piantone all'altro, mediante rami ancora verdi s'intesse una specie di graticcio, e così si formano come altrettante casse nelle quali in tempo di piena viene rallentato il corso dell'acqua con produzione di quei depositi che servono ad elevare il fondo.

214. Moli ed alberi da cima sommersi. — I moli, considerati come opere di difesa contro le acque, non sono altro che grandi tronchi di piramide triangolare i quali supini si costruiscono entro l'alveo dei fiumi colla base maggiore appoggiata alla fronte che vuolsi difendere. Questi lavori si fanno riunendo assieme diversi

prismi di calcestruzzo oppure diversi gabbioni riempiti di buona terra cretosa. I moli di calcestruzzo, analogamente a quanto si è detto parlando delle gettate, non sono convenienti su un fondo cuoroso, il quale ingoierebbe gran quantità di prismi a motivo del considerevole loro peso, e riescono invece più utili quelli in gabbioni i quali, essendo più leggieri, assai più facilmente vengono sostenuti.

La figura 216 rappresenta in proiezione orizzontale un molo ed una parte della sponda a cui trovasi esso addossato. La cresta EF del molo è una linea inclinata partente da un punto E preso sulla riva ad un'altezza più grande di quella a cui possono arrivare le massime piene, e limitata ad un punto F posto sotto il pelo delle acque magre. La fronte BCF del molo deve presentare un declivio assai maggiore di quello della ripa a cui trovasi appoggiato con un rivestimento che valga a difenderla contro la forza della corrente, ed un ampio declivio è pure necessario nel petto CDEF e nella spalla BAEF. I moli hanno per effetto di far ristagnare l'acqua per un certo tratto al di qua ed al di là appiè delle ripe cui trovansi appoggiati, e quindi promuovono la deposizione delle torbide e la formazione di una vasta spiaggia che le mette in istato di sicurezza. Il Zendrini nell'encomiato suo lavoro (*Leggi e fenomeni sulle acque correnti;* cap. XI) dà alcuni ragguagli su queste opere di fortificazione contro le acque, ed assicura di averne replicatamente esperimentata l'efficacia nelle arginature del Po e dell'Adige.

La grandissima quantità di materiali da impiegarsi nella formazione di un molo in acque ordinarie con altezza maggiore di 2 in 3 metri può rendere dispendiosissima l'opera, qualora si faccia con prismi o con gabbioni; e generalmente, dal lato dell'economia, può tornar utile di formare il nucleo del solido con due o tre barche messe fuori d'uso fatte calare al fondo ripiene di terra per poi rivestirlo di gabbioni, affinchè risulti il manufatto della forma e delle dimensioni prestabilite. I gabbioni si adoperano fino a portare il lavoro all'altezza delle piene mezzane, e si riempiono i vani che fra essi rimangono con terra, con paglia, con dello strame o con altre simili materie, affinchè il solido acquisti una regolare ed esatta configurazione: al di sopra delle piene mezzane si può compire il molo con semplici volpare ben collegate e ripiene di una terra consistente.

Si ottengono anche delle specie di moli mediante fascine disposte in più ordini, l'uno in rientranza sull'altro, ed in ogni direzione sporgenti colle loro punte verso il corso d'acqua. Queste fascine,

che si fanno molto lunghe, di legno verde e che con palotti si tengono ben collegate le une alle altre per l'estremo opposto a quello con cui pescano nell'acqua, gettano alcune foglie e colle varie loro punte rallentano la velocità della corrente e mirabilmente ne promuovono i depositi.

Un effetto analogo a quello che producono i moli, ossia di promuovere dei rallentamenti di velocità e quindi dei depositi ai piedi delle ripe minacciate, viene prodotto dagli alberi da cima sommersi, salvo che convengono quelli pei corsi d'acqua a grande ed a media velocità e questi pei corsi d'acqua a piccola velocità. Gli alberi da cima sommersi, siccome lo dimostra la figura 217, si dispongono col loro fusto sensibilmente orizzontale in direzione normale o quasi normale alla corrente, colla parte più ampia contro la sponda minacciata, e ciascuno vien fissato a tre robusti passoni P, P' e P'' saldamente conficcati nel terreno alla necessaria profondità.

215. **Pennelli o repellenti**. — Il nome di *pennelli* o *repellenti* suolsi attribuire a quei manufatti che dalla sponda di un corso d'acqua si estendono entro l'alveo per servire d'ostacolo alle piene, per allontanare il filone da una sponda e per costringere le acque a rivolgere il loro corso verso la sponda opposta.

Questi manufatti possono essere costrutti in muratura, in grosso legname, con gabbioni e con altri simili materiali, o finalmente con strati di fascine alternati a strati di terra. In quanto alla loro forma bisogna ritenere: che per la maggior stabilità e per la maggior efficacia nell'impedire la formazione dei vortici nella corrente, in particolare presso le estremità, devono avere non solo la faccia in a monte e quella in a valle, ma più ancora la punta ossia la fronte con dolce declivio; che la loro sommità deve essere inclinata verso il corso d'acqua in modo che al suo termine, ossia al ciglio della fonte, riesca più bassa del pelo delle acque mezzane; e finalmente che al punto da cui si dipartono sulla riva minacciata sia a tale altezza che il filone delle piene più perniciose possa ancora essere rimosso dai pennelli medesimi. In vista di queste considerazioni sembra conveniente assegnare ad un pennello la forma di un tronco di piramide triangolare supina inerente alla sponda colla sua base maggiore, e costituente colla base minore la fronte: altre configurazioni possono soddisfare alle stesse condizioni, quale sarebbe, per esempio, la forma conica o conoidica all'estremità, ed in ogni caso bisogna adattare la forma di un pennello alla qualità dei materiali di cui deve essere costituito. I pen-

nelli in muratura si costruiscono impiegando grossi massi, facendo la costruzione colle norme che si sono date parlando della struttura murale ed elevandoli su una ben stabilita fondazione. Siccome però risulta generalmente troppo dispendioso il costruirli totalmente in muratura, si usa di fare in terra l'interno nucleo e di rivestirlo con una solida incamiciata murale. — I pennelli in grosso legname altro non sono che robusti paradori divergenti dalla direzione della ripa. — Quelli composti di gabbioni si costruiscono facendo calare a fondo una quantità di tali gabbioni, e sopra questi disponendone quindi altri regolarmente per ottenere un solido delle forme e delle dimensioni stabilite, come si è detto parlando dei moli. — I pennelli finalmente con strati alternati di fascine e di terra si formano alla foggia dei lavori di rosta (num. 211), procurando di assegnare la forma conveniente all'intiero masso che si va facendo.

Nello stabilimento dei pennelli accuratamente bisogna badare a che risultino saldamente intestati nella ripa dalla quale si dipartono. Per ottenere questo si prescrive di farli partire da un punto di detta ripa superiore al tronco minacciato, ed a tale distanza che il pennello possa produrre il voluto effetto. Qualora poi non risulti possibile trovare nei limiti di una discreta distanza un sito in cui la sponda si mostri del tutto illesa, e se quindi sia indispensabile di dover attaccare il pennello ad una ripa minacciata, si assicurerà la stabilità del manufatto internando l'intestatura nella ripa medesima. Per quanto concerne alla direzione da assegnarsi ai pennelli bisogna procurare che essi vengano investiti più obliquamente che sia possibile dalla corrente, ma che in pari tempo valgano a promuovere la deposizione dello torbide e ad allontanare convenientemente il filone del corso d'acqua dalla sponda minacciata. In generale si può dire: che all'indicato triplice scopo soddisfa una direzione concorrente ad angolo acuto con quella del filone senza che sia possibile precisare la misura di quest'angolo, essendo troppo variabili i dati da cui dipende; e che in conformità delle teorie idrauliche, la direzione del pennello deve andare ad incontrare l'opposta alluvione in un punto alquanto superiore a quello contro il quale si vuol far rivolgere il filone.

Passando alle dimensioni da assegnarsi ai pennelli, valgono le seguenti considerazioni: l'altezza all'estremità deve essere minore di quella delle mezzane piene e andare crescendo fino all'intestatura in modo che anche nelle più grosse piene possa il pennello disimpegnare l'ufficio di repellente del filone; la lunghezza

deve essere tale che lo spostamento del filone produca il voluto effetto distruggendo nei giusti limiti l'opposta alluvione; la larghezza finalmente deve essere tale che valga ad assicurare al riparo la necessaria stabilità affinchè durevolmente possa resistere all'urto delle correnti a cui dovrà trovarsi esposto.

I pennelli sono difese contro le acque le quali vanno adoperate con parsimonia o con oculatezza, a motivo dell'essenziale influenza che esercitano nel regime del corso d'acqua in cui vengono costrutti, per evitare che nel mentre si cerca di rimuovere uno sconcerto o di allontanare una minaccia non si vada incontro ad altri maggiori inconvenienti. Generalmente si trova utile, allorquando vuolsi piegare il filone di un rapido corso d'acqua, di impiegare molti pennelli che producano a poco a poco la voluta deviazione, invece di uno solo che faccia violenza alle acque e le costringa a ripiegare in un sol punto il loro corso.

Nei piccoli e poco violenti corsi d'acqua si fa anche uso di pennelli mobili, denominati *ambulanti*, i quali consistono in specie di cavalletti in legname alla cui fronte trovasi applicato un tessuto di fascine o di rami, che si portano a sito assicurandoli a pali piantati nella sponda, che si lasciano stare finchè hanno prodotto il desiderato effetto, e che dopo si rimovono per collocarli in altri luoghi ove ne sia il caso.

CAPITOLO VII.

Vôlte.

ARTICOLO I.

Nozioni generali.

216. Vôlte e loro origine. — Dicesi *vôlta* o *vôlto* qualunque copertura intiera o parziale di un edifizio, eseguita in muratura ed i cui materiali, distribuiti in guisa da potersi reggere in virtù del loro mutuo contrasto, costituiscono un assieme ben solido con una forma conveniente all'uso ed alla destinazione della copertura medesima.

L'invenzione delle vôlte rimonta alla più alta antichità; e, senza punto aver riguardo a quelle coperture trovate negli antichi monumenti dell'India, dell'Egitto e successivamente della Grecia e del

Lazio formate di materiali disposti per strati orizzontali che, per le loro sporgenze, presentano l'apparenza anzichè la realtà di vôlte, basti l'indicare quegli edifizi dell'egiziana antichità, dove esistevano vôlte costrutte di cunei con giunti inclinati all'orizzonte. Hoskins narra di averne trovati molti esempli nell'Etiopia; cita, in una delle piramidi di Meroè, una vôlta alternativamente composta di quattro e di cinque corsi di cunei regolarmente apparecchiati; a Djebelel-Barkal, dice di aver trovate due piramidi con portici coperti a vôlta. — A Tebe, nella tomba del primo re della decima ottava dinastia, si trovò una vôlta a botte di forma ellittica, eseguita in mattoni e coi giunti diretti normalmente alla superficie interna della vôlta.

In quanto alla Grecia, non si conosce ancora alcun monumento anteriore alla romana dominazione che presenti una vôlta costrutta a cunei coi giunti inclinati all' orizzonte; e, quantunque Aristotile parli delle « chiavi dei vôlti che sostengono » le costruzioni per la resistenza che esse oppongono da tutte le parti, pure c'è ragione di credere che i templi di cui è discorso nei viaggi di Pausania siano piuttosto stati coperti con materiali disposti per strati orizzontali e sporgenti gli uni sugli altri.

Comunque sia la realtà del fatto, se cioè i Greci hanno o non hanno costrutte vôlte, bastano i monumenti dell'Egitto per provare l'antichità di questo sistema di copertura, il quale, al dire del Foppiani, servì presso i Romani « a caratterizzarvi in modo speciale la foggia del loro architettare, addivenendone quasi parte sommamente integrale e spiegandovi una preponderanza, incompatibile affatto coll'esistenza delle membrature essenziali dell'architettura greca, che nella romana, da quell'epoca in poi, non furono considerate altrimenti che quali appendici e quali meri ornamenti di consuetudine abbandonati pienamente al gusto dell'artista. »

217. **Definizioni.** — Qualsiasi vôlta è compresa fra due superficie: una inferiore, interna e concava, posta dalla parte dell'area ricoperta, che dicesi *intrados*, *intradosso* o anche *imbotte*; l'altra superiore, esterna e convessa che chiamasi *estrados*, *estradosso* o *sopraimbotte*.

Se l'estrados è parallelo all'intrados, il vôlto ha uno spessore uniforme e si dice *estradossato parallelamente*; se l'entrados è costituito da facce piane, il vôlto si dice estradossato a piani, e si ha un *estrados* a *risalti* quando gli indicati piani sono alternativamente orizzontali e verticali.

L'intrados e l'estrados delle vôlte sono costituiti da una o da

più superficie diverse, convenientemente riunite e che si devono considerare come generate da una linea mobile, di dimensioni fisse o variabili, assoggettata a certe condizioni di cui la più generale è la continuità. La linea mobile si dice *generatrice* e si chiamerebbe *direttrice* qualunque linea che servisse a guidare la generatrice nel suo movimento.

Una vôlta, incominciando sempre a qualche altezza al di sopra della superficie ricoperta, vien sostenuta da muri o da pilastri che chiamansi col nome di *piedritti*.

La superficie superiore dei piedritti, d'onde incomincia a sorgere la vôlta, si chiama *imposta, base, impostatura* e *pulvinare;* e la linea secondo cui l'intrados viene a congiungersi colla superficie dei piedritti si dice *linea d'imposta*.

La minima distanza tra i piedritti di una vôlta è generalmente ciò che molti chiamano *apertura, corda* o *sottesa* della vôlta medesima.

La maggior perpendicolare che dall'intrados si può condurre sul piano determinato dai punti più bassi della linea d'imposta prende il nome di *monta, sfogo* o *saetta* della vôlta; ed il punto d'intrados corrispondente a questa perpendicolare si dice *vertice*.

I diversi materiali resistenti impiegati per formare il masso di un vôlto, per la forma che generalmente hanno, si dicono *cunei*, o anche *conci* se sono di grosse dimensioni e in pietra da taglio. Il cuneo, o il filare di cunei, posto nel mezzo di una vôlta, si dice *chiave, serraglia* o *serraglio*. Chiamansi *giunti* le superficie secondo cui i cunei trovansi a contatto, e *linee di giunto d'intrados o d'estrados* le intersezioni di queste superficie coll'intrados o coll'estrados della vôlta.

218. **Vôlte sottili e vôlte grosse; vôlte semplici e vôlte composte.** — *Vôlte sottili* sono quelle di piccolo spessore che si sorreggono per tenacità dei cementi anzichè per mutuo contrasto dei materiali; *vôlte grosse* sono quelle di grande spessore ed in cui la stabilità viene affidata al mutuo contrasto dei materiali che le compongono. Le vôlte sottili si costruiscono generalmente con un sol corso di mattoni nella loro grossezza, e molte se ne incontrano in tutte le opere che sono di dominio dell'architettura civile; le vôlte grosse si costruiscono con grossi cunei di pietra estendentisi a tutta la loro grossezza, o anche con due o più filari di mattoni, ed il loro uso è frequentissimo nell'architettura stradale.

Le vôlte si distinguono ancora in *semplici* e *composte*: *semplici* sono quelle aventi per intrados una sola superficie curva; *composte* tutte le altre il cui intrados risulta dall'assieme di due o più

superficie curve. — Tanto le vòlte semplici quanto le composte abbracciano molte varietà, che prendono nomi diversi dipendentemente dalla loro forma e dalla figura dell'area ricoperta.

219. **Distinzione delle vòlte relativamente alla materiale loro struttura.** — Le vòlte, altro non essendo che una costruzione murale, al pari dei muri si distinguono in *vòlte di pietra*, in *vòlte laterizie*, in *vòlte alla rinfusa di getto* o in *vòlte cementizie* ed in *vòlte miste. Le vòlte di pietra* sono quelle che vengono costrutte col solo impiego di pietre naturali; il nome di *vòlte laterizie* si attribuisce a quelle che vengono fatte con materiali in terra cotta, come mattoni, mattonelli, mattoni cavi, mattoni vuoti, vasi leggieri; si chiamano *vòlte alla rifusa, di getto* o *cementizie* quelle che risultano dall'impiego di buon calcestruzzo; e finalmente si dicono *vòlte miste* quelle che sono formate con muramenti di struttura diversa.

220. **Avvertenze generali da aversi nella struttura delle vòlte.** — Le vòlte, siccome costruzioni che si sostengono in virtù del mutuo contrasto che si verifica fra i materiali che le compongono, all'atto della loro esecuzione e fino ad essere chiuse ed assodate in modo da potersi mantenere in equilibrio da se medesime, devono ricevere forma e sostegno da apposite *armature*, composte di forti e ben combinati membri, affinchè, per quanto è possibile, risultino inalterabili sotto i carichi che devono sopportare, e foggiate in guisa da ottenersi le progettate superficie d'intrados.

I materiali componenti le vòlte verranno disposti in modo che i giunti risultino normali alle superficie d'intrados; che le spinte prodotte dall'intiero sistema si verifichino nel senso secondo il quale i piedritti presentano la maggior resistenza, e con ogni cura si procurerà che i cunei non presentino dei punti deboli, schivando in essi le punte e gli angoli acuti. — Trattandosi di impiegare del pietrame, verrà esso totalmente spogliato del cappellaccio, e di diversi pezzi verranno conciati colla martellina in modo da acquistare una forma grossolanamente regolare colle facce discretamente spianate.

Nella materiale struttura dei vòlti si osserveranno strettamente tutti i precetti dati per l'esecuzione di buone masse murali; si adoprerà tanta malta che ben inviluppi da ogni parte i cunei; si procederà per strati eguali che simmetricamente avanzino dalle imposte alla chiave; si farà in modo che i materiali ben s'immorsino gli uni cogli altri, nel porre il filare alla chiave non si sforzeranno smoderatamente i cunei col martello e con zeppe affinchè il violento sforzo non abbia ad agitare il sistema e produrre in esso qualche

alterazione; finalmente, a misura dell'esecuzione, le superficie d'estrados verranno ricoperte da uno strato di malta in modo da empire perfettamente tutte le commessure.

ARTICOLO II.

Genesi delle vôlte.

221. **Assunto del presente articolo.** — Lo studio della genesi delle vôlte ha per oggetto la conoscenza del modo con cui sono generate le superficie d'intrados e d'estrados, che inferiormente e superiormente limitano queste costruzioni. Questo studio verrà prima intrapreso sulle vôlte semplici e quindi sulle vôlte composte.

Genesi delle vôlte semplici.

222. **Indicazione delle vôlte semplici.** — Le vôlte semplici che al costruttore avviene di considerare e delle quali per conseguenza deve ben conoscerne la genesi, sono: le *piattabande*, gli *archi*, le *vôlte cilindriche* in genere, le *vôlte anulari*, le *vôlte elicoidali* e quelle *anulari elicoidali*, le *vôlte coniche* e le *conoidiche*, le *vôlte a bacino*, le *vôlte a conca* e le *vôlte a vela*.

223. **Piattabande ed archi.** — Le *piattabande* e gli *archi* o *arcate* sono vôlte grosse che ordinariamente s'incontrano nelle costruzioni che appartengono al dominio dell'architettura civile; quelle si impiegano per coprire aperture con luce rettangolare; questi si costruiscono per aperture arcuate. Le piattabande e le arcate sono sempre di piccola lunghezza, perchè limitate agli spessori dei muri in cui si trovano le aperture che esse ricoprono, e si dicono *rette* o *oblique* secondo che le facce laterali delle aperture medesime sono perpendicolari o oblique alle facce dei muri.

224. **Piattabanda per passaggio retto.** — La piattabanda per coprire un semplice passaggio retto proiettato orizzontalmente nel rettangolo *abcd* (*fig* 218), di larghezza *ab* e praticato in un muro di spessore *ad*, ammette per superficie d'intrados il rettangolo orizzontale (*abcd*, *a'b'*), per superficie d'estrados il rettangolo pure orizzontale (*efik*, *e'f'*) ed è lateralmente contenuta fra i due piani *a'e'* e *b'f'*, perpendicolari al piano verticale di proiezione preso parallelamente alle facce del muro ed intersecantisi secondo una retta (*mo*, *o'*) perpendicolare al piano verticale di proiezione e posta nel piano di profilo *omn'*.

La grossezza *g'h'* della piattabanda e la posizione del punto *o'* dipendono dalla larghezza *ab* dell'apertura, dal peso sovrastante alla vôlta e dalla qualità dei materiali che voglionsi impiegare nella sua costruzione. Molti costruttori determinano il punto *o'* nel vertice del triangolo equilatero costrutto sulla base *a'b'*, ed in via di regola pratica, valevole nelle ordinarie circostanze e con sordini di scarico, si può ritenere che valga, lo spessore di metri 0,25 per piattabande non più larghe di 1 metro, quello di metri 0,375 per piattabande da metri 1 a 1,50, quello di metri 0,50 per piattabande larghe da metri 1,50 a 2, e quello di metri 0,625 per piattabande larghe da 2 a 3 metri.

225. Piattabanda per apertura con squarci. — Allorquando l'apertura da coprirsi con piattabanda è destinata ad essere munita di imposte, si costruisce ben sovente con *mazzette*, *battute* e *squarci*. Considerando una sezione orizzontale fatta in un muro di grossezza *ki* (*fig.* 219) nel sito in cui trovasi una di tali aperture, prendendo il piano della sezione per piano orizzontale di proiezione, ed un piano parallelo alla faccia *kq* per piano verticale, nella retta *ge* = *hf* si ha la grossezza della mazzetta, nella retta *ec* = *fd* la larghezza della battuta, e nella retta *ca* = *db* la lunghezza dello squarcio. La piattabanda ha la superficie d'intrados costituita dal rettangolo orizzontale (*efhg*, *e'f'*), dal trapezio verticale (*cd*, *c'd'f'e'*) e dal trapezio inclinato (*abdc*, *a'b'd'c'*). La superficie d'estrados è formata dal rettangolo orizzontale (*opqr*, *o'p'*), e gli appoggi sulle spalle o piani d'imposta sono i due esagoni (*oacegr*, *e'o'*) e (*pbdfhq f'p'*), posti in piani perpendicolari al piano verticale di proiezione, incontrantisi nell'orizzontale (*nt*, *n'*) collocata nel piano di profilo YZ passante pel mezzo dell'apertura. Lo spaccato secondo il piano YZ proiettato sul piano parallelo Y_1Z_1, e ribattuto sul piano verticale di proiezione serve a meglio far comprendere come è fatta una piattabanda per apertura con squarci.

Nello scopo, non di dare regole assolute, ma di somministrare ai principianti una prima guida, dirò come nelle circostanze ordinarie le grossezze delle mazzette possano essere da metri 0,15 a 0,20, le larghezze delle battute da metri 0,04 a 0,08, e come si può determinare la semi-larghezza *na* dello squarcio costruendo il rettangolo *cdml*, centrando in *m* con raggio eguale alla diagonale *mc*, e descrivendo l'arco *ca* fino a tagliare in *a* la retta *ip*.

226. Arco per passaggio retto. — Per rappresentare uno di siffatti archi prendasi per piano orizzontale di proiezione un piano orizzontale segante l'apertura che si considera al disotto del na-

scimento dell'arco e per piano verticale di proiezione un piano parallelo alle due facce del muro in cui trovasi praticata l'apertura. La superficie d'intrados dell'arco è una superficie cilindrica che si trova proiettata orizzontalmente nel rettangolo *abcd* (*fig.* 220), verticalmente nella sua curva direttrice *a'i'b'* che ben soventi è una mezza circonferenza di circolo, e che può anche essere o un sol arco di circolo, o una mezza ellisse, o una mezza ovale. La superficie d'estrados è pure cilindrica e parallela a quella d'intrados, e nell'esempio considerato si trova orizzontalmente proiettata nel rettangolo *efgh* e verticalmente nella curva direttrice *e'l'f'*. Finalmente l'arco si trova terminato, al disotto dai due rettangoli (*eadh*, *e'a'*) e (*fbcg*, *f'b'*), lateralmente da due porzioni di corona circolare proiettate verticalmente in *a'e'l'f'b'i'*, e orizzontalmente, in *ef* la anteriore ed in *hg* la posteriore.

227. Arco per passaggio retto con squarci. — Un arco per passaggio retto con squarci è rappresentato nella figura 221 mediante la sezione orizzontale fatta su un piano passante al disotto della linea d'imposta *i'k'* e mediante la proiezione su un piano verticale parallelo alla faccia del muro in cui il passaggio trovasi praticato. La superficie d'intrados è costituita: dalla superficie cilindrica (*efgh*, *e'n'f'*) avente le generatrici perpendicolari al piano verticale di proiezione ed avente per sezione retta l'arco *e'n'f'* che suppongo una mezza circonferenza di circolo; dalla mezza corona circolare proiettata orizzontalmente nella retta *dc* e verticalmente in *e'd'o'c'f'n'*; dalla superficie conica proiettata orizzontalmente nel trapezio *abcd* e verticalmente nella mezza corona circolare *a'd'o'c'b'p'*. La superficie d'estrados è quella di un mezzo cilindro retto proiettato oirzzontalmente nel rettangolo *iklm* e verticalmente nella mezza circonferenza *i's'k'*. Il vòlto appoggia sulle spalle dell'apertura mediante i due esagoni (*iadehm*, *i'e'*) e (*kbcfgl*, *f'k'*) ed è limitato sulle facce del muro delle due corone circolari (*ik*, *i'a'p'b'k's'*) e (*ml*, *i'e'n'f'k's'*).

228. Arco e piattabanda per passaggio obliquo. — Sia a coprirsi un passaggio sbieco praticato in un muro retto, ossia terminato da due piani verticali e paralleli *ab* e *cd* (*fig.* 222), mentre il passaggio *efgh* è compreso fra due piani verticali *eh* ed *fg* paralleli fra di loro, ma obliqui ai primi. Preso un piano parallelo al piano delle linee d'imposta per piano orizzontale ed una delle facce del muro, per esempio *cd*, per piano verticale di proiezione, condotta la linea d'imposta *n'r'* e trovate le proiezioni verticali *e'*, *f'*, *g'* ed *h'* dei quattro estremi delle dne linee d'imposta oriz-

zontalmente proiettati in e, f, g ed h, si descrivano sulle rette $e'f'$ ed $h'g'$ due mezze circonferenze, o due archi circolari, o due mezze elisse, o due mezze ovali, ed avremo così le due curve eguali che, nelle facce parallele dei muri, limitano l'intrados della vôlta.

L'intrados si può formare con una superficie cilindrica generata dalla retta $e'h'$ moventisi sulle curve $e'i'f'$ e $h'k'g'$, restando parallela alla sua posizione primitiva. È però da osservarsi che in questo caso i piani dei giunti non devono essere condotti secondo le generatrici del cilindro, imperocchè decomponendo il peso di ciascun cuneo della vôlta in due forze, una perpendicolare e l'altra parallela al giunto inferiore, quest'ultima, a motivo dell'obliquità del passaggio, non si trova parallela alla faccia del muro e quindi produce una componente perpendicolare al muro la quale *spinge al vuoto*, ossia non nel senso della lunghezza del muro in cui si trova praticato il passaggio. Per ovviare a quest'inconveniente si può condurre pel centro (o, o') del parallelogramma, che nasce tagliando i piedritti col piano orizzontale passante pei centri delle curve direttrici, una linea (lm, o') perpendicolare ai piani di testa, e condurre per questa linea tutti i piani dei giunti che risulteranno così perpendicolari ai piani di testa. Per superficie d'estrados si può prendere una superficie cilindrica parallela a quella d'intrados, e per rappresentarla basta fissarsi lo spessore che vuolsi assegnare al vôlto, prendere $e'n'$ ed $h'q'$ eguali a questo spessore e descrivere gli archi $n's'p$ e $q't'r'$ coi centri stessi che servirono a descrivere i due archi $e'i'f'$ e $h'k'g'$; uno dei due archi così descritti serve di direttrice della superficie cilindrica, e la retta (nq, $n'q'$) rappresenta la generatrice nella sua posizione iniziale.

La superficie d'intrados di un passaggio obliquo si può anche immaginare generata in altro modo. Descritte le due curve di testa $e'i'f'$ ed $h'k'g'$ (*fig.* 223), che soppongo due mezze circonferenze di circolo, e condotto pel centro (o, o') del parallelogramma ($efgh$, $e'g'$) la retta (lm, o') perpendicolare alle facce del muro, si assoggetti una retta mobile ad appoggiarsi costantemente su quest'asse (lm, o') e sui due archi (ef, $e'i'f'$) e (hg, $h'k'g'$). Questa retta mobile si trova sempre in piani perpendicolari al piano verticale di proiezione e quando appoggia ai due archi (fl, $f'l'$) e (gm, $g'l'$) incontra la direttrice (lm, o') al davanti del piano verticale ab, quando trovasi nel piano di profilo lml' diventa orizzontale, e quando incontra i due archi (el, $e'l'$) e (hm, $h'l'$) interseca la direttrice (lm, o') al di dietro del piano verticale cd.

La superficie d'estrados, o si può immaginare generata come

quella d'intrados, o si può fare a risalti con una successione di piani alternativamente orizzontali e verticali; perciò, fatto centro in o' con apertura di compasso sufficientemente grande, si descriva la mezza circonferenza $n's'r'$, si divida in un numero impari di parti eguali o diseguali, ma simmetriche rispetto alla retta $o's'$, e per tali punti si immaginino dei piani orizzontali e verticali come appare dalla figura.

Se invece di un arco vuolsi impiegare una piattabanda per coprire un passaggio obliquo, ragioni di solidità esigono che si costruisca la piattabanda coi piani di giunto normali alle facce del muro in cui si trova praticata l'apertura, e quindi, trattandosi di un passaggio obliquo orizzontalmente proiettato in *abcd* (*fig.* 224), il problema si riduce a fare una piattabanda, come venne indicato al numero 224 sul rettangolo *aecf*. Qualora poi, così operando, la lunghezza della piattabanda risulti troppo grande, si può prendere il ripiego di diminuirne la portata mediante due pietre *gh* ed *ik* collocate sulle sommità delle spalle dell'apertura, tagliate verso questa a piani convenientemente inclinati in modo da poter essi servire come piani d'imposta. Il peso del muro sovrastante alle spalle è quello che opera come mezzo di incastramento sulle pietre, e che serve ad impedire che esse vengano a cadere sotto il peso della piattabanda.

229. **Nozioni generali sulle vôlte cilindriche.** — *Vôlte cilindriche* sono quelle il cui intrados è costituito da una sola superficie cilindrica. — Le linee curve, generalmente piane, che ne limitano la superficie d'intrados si chiamano *curve di testa*, *piani di testa* i piani da esse determinati, e *sezione retta* quella curva che nasce tagliando l'intrados con un piano normale alle generatrici. — Quando i piani di testa sono normali alle generatrici, la curva contenuta in ciascuno di essi si identifica con una sezione retta, e le volte cilindriche in cui questa condizione è soddisfatta si chiamano *rette*.

Le superficie che possono essere coperte con vôlte cilindriche devono aver larghezza costante e devono quindi essere rettangoli o parallelogrammi o trapezi.

230. **Vôlte a botte.** — Le vôlte cilindriche la cui sezione retta, oltre di aver gli estremi posti su una medesima orizzontale, ammette come linea di simmetria la perpedicolare innalzata sul mezzo dell'indicata orizzontale, si chiamano *vôlte a botte;* e *vôlte a botte zoppe*, *claudicanti* o *a collo d'oca* si dicono quelle altre che ben soventi si vedono impiegate nella costruzione delle scale, ed

in tutti i casi in cui gli estremi della sezione retta non possono essere posti su una medesima orizzontale.

Una vôlta a botte si dice *retta* o *obliqua*, secondo che i due piani di testa sono perpendicolari o obliqui alle generatrici dell'intrados; e, fra le vôlte a botte oblique, sono rimarchevoli quelle a generatrici orizzontali coprenti aree parallelogrammiche dette generalmente *vôlte sbieche*, e quelle a generatrici inclinate coi piani di testa verticali chiamate *vôlte rampanti*.

La distanza dei due punti estremi di una sezione retta è ciò che costituisce la corda di una vôlta a botte; la sua monta viene rappresentata da quell'ordinata della sezione retta che cade perpendicolarmente nel mezzo della corda, e una vôlta a botte si dice: *a tutta monta, a tutto sesto* o *a pien sesto* quando la sua monta è eguale alla semicorda; *a monta depressa* o *a sesto scemo* quando la sua monta è minore della semicorda; *a monta rialzata* o *a sesto rialzato* quando la sua monta è maggiore della semicorda. La mezza circonferenza di circolo è la sezion retta quasi esclusivamente usata nelle vôlte a botte a tutta monta; in quelle a monta depressa si adoperano archi circolari, semi-ovali e semi-ellissi poste col loro asse maggiore orizzontale; in quelle a monta rialzata si impiegano semi-ovali o semi-ellissi poste col loro asse minore orizzontale.

In via di regola pratica, valevole nelle ordinarie circostanze, si può ritenere che nelle costruzioni civili lo spessore di metri 0,13 sia conveniente per le vôlte a botte fatte con buone malte, di corda non eccedente i 5 metri, e che non devono sopportare urti nè pesi considerevoli. Sotto gli androni e sotto i siti in cui vanno depositati pesi assai grandi si può adottare lo spessore di metri 0,26; e quando la corda eccede i 5 metri converrà ritenere questi spessori per la chiave e aumentarli a misura che si viene verso le imposte. Gli indicati spessori alla chiave sono pur quelli che generalmente si assegnano a tutte le vôlte per costruzioni civili in circostanze ordinarie; per le vôlte di portata non comune e per le vôlte dei ponti bisogna adoperare spessori assai più grandi, e si vedrà a suo tempo quali siano i procedimenti che in ogni caso conducono alla loro determinazione.

231. Vôlta a botte retta. — Si considera il caso semplicissimo di una vôlta a botte retta a tutta monta, destinata a coprire l'area rettangolare ABCD (*fig.* 225), da impostarsi sui due muri paralleli AF e CH, e da limitarsi agli altri due BG e DE.

La vôlta a botte non presenta nella sua superficie spigolo alcuno

e quindi la sua proiezione sul piano orizzontale è già completamente rappresentata nel rettangolo ABCD.

Per rappresentare lo spaccato della vôlta secondo il piano VX, la cui traccia divide per metà i due lati opposti AD e BC del rettangolo ABCD, e che trovasi parallelo al piano verticale di proiezione, si seguino in $A'E_1'$ e $B'F_1'$ le sezioni che ne derivano nei due muri di testa DE e BG; in sito conveniente si ponga la orizzontale I'K' come linea d'imposta; si prenda I'L' eguale alla metà della corda DA; si porti L'N' eguale allo spessore che vuolsi assegnare alla chiave e si traccino le due orizzontali L'M' ed N'O'.

Per ottenere un altro spaccato secondo il piano verticale YZ perpendicolare al piano VX, si costruiscano in $B''F_1''$ e $C''G_1''$ le intersezioni dell'indicato piano coi muri paralleli AF e CH; segnata dopo la mezzaria F″ Q″ e determinati su essa i due punti M″ ed O″ rispondenti alle generatrici supreme d'intrados e d'estrados, si prenda M″R″ eguale alla metà di BC; si tracci la orizzontale K″S″ che rappresenterà la corda della curva direttrice e, centrando in R″ con raggio R″M″ si descriva la mezza circonferenza di circolo K″M″S″; si prenda M″Ω eguale al raggio che vuolsi assegnare all'arco direttore dell'estrados e si descriva l'arco T″O″U″. All'arco direttore dell'estrados ben soventi si suol assegnare un raggio variabile fra i 2/3 ed i 3/4 della corda della vôlta.

232. **Vôlta a botte sbieca.** — Mi propongo di coprire mediante una vôlta a botte sbieca, a monta depressa ed avente per direttrice un arco di circolo, un area parallelogrammica orizzontale ABCD (*fig.* 226) posta fra due passaggi obliqui EFGH ed IKLM. Prendo per piano orizzontale di proiezione quello dell'area che deve essere coperta e per piano verticale un piano parallelo alle pareti dei due muri d'imposta AB e CS.

Segnate le proiezioni orizzontali FG, EH, IK e ML degli spigoli d'intrados degli archi obliqui, si osserva che l'intersezione della superficie d'intrados della vôlta sbieca colle pareti BC e AD determina su queste due curve proiettate orizzontalmente in BC e AD, le quali, unitamente agli spigoli degli archi dei passaggi sbiechi, si presentano per metà nella proiezione verticale della sezione fatta dal piano VX parallelo al piano verticale di proiezione. Onde costrurre siffatte curve si immagini la superficie del passaggio sbieco MIKL prolungata fino ad incontrare il piano di profilo Aa; s'immaginino ribattute sul piano orizzontale d'imposta e poscia proiettate orizzontalmente in *Aba* ed *icl* le due sezioni rette che l'indicato piano di profilo determina sulla superficie cilindrica dell'intrados della vôlta

a botte sbieca e su quella del passaggio sbieco, e si segni in proiezione verticale, mediante una parallela alla linea di terra, la linea d'imposta M'F'. Considerando particolarmente le due curve proiettate orizzontalmente in IO e AO: si trovano le loro origini I' ed A' tirando da I e da A due perpendicolari alla linea di terra fino ad incontrare la linea d'imposta; le sommità O_1' e O_2' delle stesse curve si ottengono abbassando da O una perpendicolare alla linea di terra e prendendo $O'O_1' = oc$ e $O'O_2' = ob$; si trovano finalmente le proiezioni verticali d_1' e d_2' di due punti posti rispettivamente uno sulla curva di origine I' e di estremo O_1' e l'altro sulla curva di origine A' e di estremo O_2', prendendo un punto *d* sulla proiezione orizzontale delle due curve, tirando le *dg* e *dd'* la prima parallela e l'altra perpendicolare alla linea di terra, e portando $d'd_1'$ e $d'd_2'$ rispettivamente eguali ad *ef* ed *eg*. Questo processo può dare quanti punti si credono convenienti pel tracciamento delle due curve $I'd_1'O_1'$ e $A'd_2'O_2'$, e si applica senza diversità di sorta per avere quanti punti si vogliono delle curve M'N', E'P' e P'Q' che sono archi ellittici eguali all'arco $I'd_1'O_1'$.

La sezione della vôlta secondo il piano di profilo YZ non presenta difficoltà alcuna; tale sezione venne rappresentata solo per metà, e l'ispezione della figura mette abbastanza in evidenza il processo tenuto nella sua costruzione.

233. **Vôlta a botte rampante.** — Le vôlte a botte rampanti si impiegano soventi nelle costruzioni pel sostegno e pel coprimento delle rampe delle scale; e l'inclinazione da assegnarsi alle superficie cilindriche d'intrados e d'estrados deve essere eguale a quella del piano passante per gli spigoli di tutti i gradini. La figura 227 dà la rappresentazione di due di siffatte vôlte impostate su due muri AE e CF e poste una al disopra dell'altra. Considerando particolarmente la vôlta inferiore, essa si proietta orizzontalmente nel rettangolo ABCD. Nella sezione secondo il piano VX parallelo al piano verticale di proiezione si ha: in A'B' la linea d'imposta; in A'B'H'G' la proiezione verticale della mezza superficie d'intrados; e in $G'H'H_1'G_1'$ la sezione fatta alla chiave della vôlta. Finalmente nella sezione secondo YZ si vede in $A''D''D_1''A_1''$ la superficie di testa della vôlta, e nella figura $A_1''D_1''C_1''B_1''$ si ha la proiezione della superficie d'estrados sopra un piano parallelo al piano YZ.

234. **Vôlta a collo d'oca.** — Le vôlte a collo d'oca, al pari delle vôlte a botte rampanti, servono per portarsi da un sito basso ad un sito più elevato, e quindi si impiegano ad ogni momento nella costruzione delle scale. Queste vôlte, come è indicato in sezione

nella figura 228, consistono generalmente in un arco ABCDE, le cui imposte AB e DE sono a diverso livello e talmente robusto da servire di sostegno a tutto il peso sia permanente che accidentale che vi può essere sopra.

235. **Vôlte anulari.** — Chiamansi comunemente con tal nome quelle vôlte semplici che si impiegano per ricoprire delle superficie collocate in piani orizzontali ed aventi la forma di corone circolari.

Posto che si abbia una corona circolare il cui raggio maggiore è OC (*fig.* 229), contornata da un muro sorgente verticalmente attorno alla periferia maggiore ed avente nel suo mezzo un maschio di raggio OB, l'intrados della vôlta anulare coprente l'indicata corona vien generata da una mezza circonferenza di circolo, o da un sol arco circolare, o da una mezza ovale o da una mezza ellisse, di corda eguale alla larghezza BC della corona, disposta primitivamente in un piano passante per l'asse (O, $O'O_1'$) dei muri, coi suoi estremi sul piano d'imposta, rotante attorno all'accennato asse in modo da passare sempre il suo piano per l'asse medesimo cogli estremi sul piano d'imposta.

La superficie d'intrados di siffatta vôlta appartiene a quella che i geometri chiamano col nome di *toro* e, posto che la curva direttrice sia una mezza circonferenza, si dà la rappresentazione mediante la proiezione orizzontale di una sua parte e mediante la sezione determinata da un piano VX passante per l'asse e parallello al piano verticale di proiezione. La retta $D'C'$ è la proiezione verticale della semi-circonferenza d'imposta appartenente alla mezza vôlta coprente l'area DEC, la retta $A_1'B_1'$ è la proiezione verticale della semi-circonferenza d'imposta sul mezzo maschio AFB e le due mezze circonferenze $D'G'A_1'$ e $B_1'H'C'$ rappresentano la sezione fatta all'intrados dal piano VX.

La superficie d'estrados si fa generalmente analoga a quella d'intrados, ma in modo che lo spessore vada crescendo dalla chiave all'imposta; e soventi il masso della vôlta si termina superiormente con un piano orizzontale.

236. **Vôlte elicoidali** — Le vôlte elicoidali sono quella impiegate nella costruzione delle scale a chiocciola ed ammettono per intrados e per estrados delle superficie di elicoide sghembo, parallele fra di loro, e generate dai due lati orizzontali di un rettangolo $B'E'c'b'$ (*fig.* 230) avente per altezza lo spessore costante che vuolsi assegnare alla vôlta e che, movendosi costantemente in un piano verticale passante per l'asse (O, $O'O_1'$) di un muro cilindrico la cui mezza proiezione orizzontale è in ACB, si mantiene sempre coi suoi

due vertici B′ ed E′ su due eliche di egual passo descritte, una sulla superficie cilindrica proiettata orizzontalmente in ACB e l'altra su quella proiettata in DFE.

Nella citata figura, in cui vengono rappresentate la mezza proiezione orizzontale e la sezione prodotta nella vôlta da un piano verticale passante per l'asse, fissato il passo e lo spessore, si sono portati: questo in E′e′, e la metà di quello in E′E$_1$′ e in e′e$_1$′. Per E′, e′, E$_1$′ ed e$_1$′ si sono condotte le orizzontali E′B′, e′b′, E$_1$′D′ e e$_1$′d′: nei rettangoli B′E′e′b′ e A′D′d′a′ si sono ottenute le intersezioni della vôlta col piano segante, e colle mezze eliche E′D′, e′d′, B′A′ e b′a′ si è rappresentato il mezzo giro di vôlta. Prendendo E′E$_2$′ eguale al passo si ha l'altezza raggiunta dal mezzo giro non esistente nella nostra figura e operando al disopra dell'orizzontale passante per E$_2$′ come venne fatto al disopra dell'orizzontale E′G′ si può continuare a rappresentare quanti mezzi giri si vogliono.

237. **Vôlte anulari ed elicoidali.** — Se invece di generare il corpo della vôlta mediante un rettangolo B′E′e′b′ (*fig.* 250), come venne definito nel precedente numero, si genera mediante un'area piana (*fig.* 251) B′M′E′e′b′, chiusa da un arco B′M′E′, da un orizzontale b′e′ e da due verticali B′b′ e E′e′, girante in modo da essere sempre disposta in un piano verticale passante per l'asse (O, O′O$_1$′) del mezzo cilindrico orizzontalmente proiettato in ACB ed innalzantesi su due eliche dello stesso passo descritte sulle superficie cilindriche le cui metà trovansi orizzontalmente proiettate in ACB e DFE, si genera quella vôlta che chiamasi *anulare elicoidale*. Il disegno della sezione prodotta in siffatta vôlta da un piano verticale passante per l'asse è in tutto analogo a quello della vôlta elicoidale, e tutto si riduce a descrivere eliche dello stesso passo sulle indicate superficie cilindriche: le eliche B′A′ e b′a′ sulla superficie cilindrica ACB, e le eliche E′D′ e e′d′ sulla superficie cilindrica DFE.

238. **Vôlte coniche.** — Le vôlte coniche vengono soventi impiegate per coprire delle superficie di forma trapezia e, per fissare le idee, considererò nella figura 252 il caso di una vôlta conica posta all'entrata di un portone di luce circolare e coprente un trapezio isoscele ABCD posto in un piano orizzontale.

La superficie d'intradosso di siffatta vôlta si identifica con quella di un mezzo tronco di uno retto avente per basi due semicircoli verticali proiettati orizzontalmente, il maggiore in AD ed il minore in BC. La medesima superficie si proietta orizzontalmente nel trapezio ABCD, nella proiezione sul piano segante VX, passante per l'asse del tronco di cono, è rappresentata nel trapezio A′B′F′E′ e,

nella mezza proiezione sul piano segante YZ, viene rappresentata nel quarto di corona circolare A″B″F″E″.

La vôlta si fa, talvolta di spessore uniforme, talvolta di spessore crescente dalla sommità all'imposta. Nella figura 232 si è supposto pieno lo spazio compreso fra la superficie d'estrados ed il piano orizzontale passante pel punto più alto di detta superficie.

239. **Vôlte conoidiche.** — Le vôlte conoidiche, al pari delle coniche, tornano utili per coprire delle superficie di forma trapezia e si possono principalmente impiegare con vantaggio nelle costruzioni civili all'entrata dei portoni di luce rettangolare. La vôlta conoidica coprente un trapezio isoscele ABDC (*fig.* 233) posto in un piano orizzontale avrebbe la sua superficie d'intrados generata da una linea retta conservantesi costantemente orizzontale e moventesi in modo da passare sempre per un arco proiettato orizzontalmente in BD e per una retta verticale definita dall'intersezione di due piani verticali AB e CD.

Dall'indicato modo di generazione risulta evidentemente l'orizzontalità della generatrice suprema (EF, E′F′), per modo che la mezza vôlta proiettasi sul piano segante VX, verticale e passante per la generatrice suprema, nel rettangolo A′B′F′E′. La proiezione della mezza vôlta sul piano segante verticale YZ si manifesta in E″A″B″, la curva E″B″ è la metà dell'arco proiettato orizzontalmente in BD che viene preso come arco direttore e la curva E″A″ è l'intersezione della superficie conoidica col piano verticale YZ: per costrurre questa curva basta osservare che prendendo $E_1''A'' = EA$ si ha il suo punto estremo A″, e che, per trovare un punto qualunque proiettato orizzontalmente in m, basta segnare in proiezione orizzontale la generatrice mg determinando Fg in modo che essa passi per l'incontro delle due rette AB e CD ossia in modo che risulti

$$\frac{Fg}{FB} = \frac{Em}{EA}$$

portare $E_1''g_1''$ ed $E_1''m_1''$ rispettivamente eguali ad Fg ed Em, innalzare rispettivamente per g_1'' ed m_1'' le due perpendicolari $g_1''g''$ ed $m_1''u$, e condurre da g'' un orizzontale fino ad incontrare la $m_1''u$ in m'' che sarà evidentemente il punto domandato. Come si è trovato il punto m'' si possono trovare quanti altri punti si credono convenienti per l'esatto tracciamento della curva.

La superficie d'estrados della vôlta in quistione si fa pure conoidica colla retta direttrice rispondente all'intersezione dei due

piani verticali A_1B_1 e D_1C_1 rispettivamente paralleli ai piani AB e DC e da essi equidistanti, col piano direttore già adottato per l'intrados, e si varia solo la curva direttrice la quale suol generalmente essere un arco di circolo proiettantesi orizzontalmente in B_1 D_1 e generalmente parallelo a quello adottato come curva direttrice della superficie d'intrados.

240. **Vôlta con strombature.** — Nei portoni di luce circolare si usano anche frequentemente le vôlte con strombature. Siffatte vôlte cominciano generalmente al piano orizzontale passante pel centro dell'arco direttore del portone e, per non impedire l'aprimento delle imposte vanno generate e raccordate ai muri laterali dietro certe regole che vado ad esporre nel caso particolare della vôlta coprente il trapezio ABCD (*fig.* 234) posto in un piano orizzontale.

Segnata la linea d'imposta A'D' sulla proiezione verticale e determinato il centro O', si descrivono le due mezze circonferenze *g*'L'*h*' e B'N'C' proiettate orizzontalmente, la prima in *gh* e la seconda in BC; dopo di ciò, descritti i due archi $A_1'D_1'$ e $A_2'D_2'$ con quei raggi che credonsi convenienti onde avere nella superficie $A_1'D_1'D_2'A_2'$ la sezione prodotta nella vôlta del piano VX, si immagini una linea retta che, appoggiando alle due curve (AD, $A_1'D_1'$) e (BC, B'N'C'), si muova in modo da passare sempre per la orizzontale proiettata verticalmente in O', e si prenda la superficie così generata per superficie d'intrados della parte di vôlta proiettata verticalmente in $P'A_1'D_1'E'$.

In quanto alle due superficie che devono far seguito a dritta ed a sinistra della superficie già indicata per compiere l'intrados, affinchè questo non presenti un brutto aspetto, devono esse raccordarsi completamente colla prima tutto al lungo delle generatrici verticalmente proiettate in $O'E'D_1'$ e $O'P'A_1'$. Per ciò, considerando principalmente la superficie che va raccordata in $O'E'D_1'$, dietro i principii di geometria descrittiva, bisogna che essa tocchi la superficie proiettata verticalmente in $P'A_1'D_1'E'$ in tre punti della generatrice che ha per proiezione verticale $O'E'D_1'$; ora questa condizione essendo manifestamente soddisfatta nei punti proiettati verticalmente in O' ed E', poichè qui le linee direttrici sono le stesse per le due superficie, basta fare in modo che il contatto abbia luogo al punto (D, D_1'). Per arrivarvi, osservo che il piano tangente in detto punto alla superficie sghemba già descritta passa per la generatrice proiettata verticalmente in $O'D_1'$ e per la tangente $D_1'T$ all'arco $A_1'D_1'$, e che perciò esso ha per traccia, sul

piano verticale BC, la retta E'F' condotta pel punto E' parallelamente a $D_1'T$. Il piano tangente alla superficie da descriversi passerà anche per la generatrice di proiezione verticale $O'D_1'$ e per la tangente alla curva intersezione della vôlta col piano verticale CD; dunque, per far coincidere questi due piani tangenti è necessario e basta che quest'ultima tangente si trovi nel primo piano tangente, e che per conseguenza la sua traccia col piano verticale BC sia sulla retta E'F'; ma questa traccia deve anche essere sulla verticale (C, $C'C_1'$), cosicchè la tangente in quistione passerà pel punto (C, F') e pel punto (D, D_1').

Ribattasi ora il piano verticale CD sul piano verticale di proiezione: il punto (D, D_1') si porterà evidentemente in D'', ed il contorno della parte circolare dell'imposta destinata ad aprirsi contro la faccia verticale CD sarà rappresentata nel quarto di circolo C'QR descritto con raggio $C'R = O'C'$. Allora sarà necessario che l'intersezione della superficie della vôlta col piano CD, la qual intersezione si vuol avere in grandezza naturale, passi pei punti C' e D'', che abbracci il quarto di circolo C'QR e che tocchi nel punto C' la retta C'F' e nel punto D'' la retta F'D''. La soluzione più semplice che si possa avere consiste nel tracciare una curva formata da due archi circolari, uno col centro sull'orizzontale passante per C' e di raggio $C'a$ un tantin maggiore di C'R, e l'altro col centro sulla retta $D''x$ condotta in D'' perpendicolarmente alla tangente F'D''. Per descrivere un tale arco basta prendere $D''b = C'a$, condurre la retta ab, dividerla per mezzo in c, condurre la cy perpendicolare ad ab, trovare l'incontro di quest'ultima con $D''x$, unire quest'incontro, che chiamo a_1, con a, prolungare la retta aa_1, descrivere col centro in a l'arco C_1d e col centro in a_1 l'arco dD''.

Dopo di aver così tracciato il ribattimento della curva che vuolsi assumere come intersezione, risulta facilissimo il dedurre la proiezione verticale: preso un punto qualunque M'' del ribattimento avente per proiezione orizzontale il punto M_1, descrivasi un arco di circolo di centro C e di raggio CM_1 e si termini quest'arco in M all'intersezione con CD; si proietti verticalmente questo punto in M' cercando dove la verticale condotta per M incontra la orizzontale condotta per M''; sarà M' il punto della proiezione verticale domandata $C'M'D_1'$ rispondente al punto M'' del ribattimento. Questo risultato ripetuto simmetricamente a sinistra permetterà di trovare la curva $B'A_1'$; e la superficie totale della vôlta sarà descritta da una retta costantemente passante per la linea disconti-

nua proiettata verticalmente in $B'A'_1D'_1C'$, per la mezza circonferenza proiettata verticalmente in $B'N'C'$ e per l'asse orizzontale O'.

241. Nozioni generali sulla genesi delle vôlte a bacino. — Le vôlte a bacino sono poste o su base circolare, o su base ellittica, o su base ovale. Per le vôlte a bacino su pianta circolare la superficie d'intrados è una superficie di rivoluzione generata quasi sempre da un quarto di circonferenza, o da un arco di circolo, o da un quarto di ellisse, o da un quarto di ovale. La curva generatrice, collocata primitivamente in un piano passante per l'asse di rivoluzione determinato dalla retta condotta pel centro e perpendicolarmente al piano dell'area ricoperta, ha un suo estremo sull'indicato asse, ha la tangente in questo estremo perpendicolare all'asse medesimo, ed ha l'altro estremo distante dall'asse di una quantità eguale al raggio del circolo che serve di base alla vôlta.

La vôlta a bacino su pianta circolare si dice *a tutta monta*, o *a monta depressa*, o *a monta rialzata* secondo che la proiezione della curva generatrice sull'asse è eguale o minore o maggiore del raggio della base. Segue da ciò, che sarà a tutta monta una vôlta a bacino coll'intrados generato da un quarto di circonferenza, che sarà a monta depressa una vôlta a bacino coll'intrados prodotto dalla rotazione di un quarto di ellisse o di un quarto di ovale rotanti intorno al loro semi-asse minore, e che sarà a monta rialzata una vôlta a bacino coll'intrados generato dalla rivoluzione di un quarto di ellisse o di un quarto di ovale rotanti intorno al loro semi-asse maggiore.

Per le vôlte a bacino su pianta ellittica, la superficie d'intrados suol essere quella di un mezzo ellissoide avente due dei suoi semi-assi eguali a quelli dell'ellisse che serve di base alla vôlta, ed il terzo eguale alla monta della vôlta stessa. La superficie del mezzo ellissoide costituente l'intrados di una vôlta a bacino su pianta ellittica, in conformità del metodo seguìto in geometria descrittiva per definire tale superficie, si può dire generata da una mezza ellisse, posta primitivamente in un piano perpendicolare a quello dell'ellisse di base, col suo asse orizzontale coincidente ed eguale ad uno dei due assi di quest'ultima e col semi-asse verticale eguale alla monta, la quale, cangiando di grandezza, si muova in guisa da conservare e il parallelismo e un rapporto costante nei suoi semi-assi senza che l'asse orizzontale menomamente sorta dal piano dell'ellisse fissa. Quest' osservazione ci pone in grado di definire la generazione di una vôlta a bacino su pianta ovale, la quale

si può dire il luogo geometrico generato da una mezza ovale, posta in un piano perpendicolare a quella dell'ovale di base, col suo asse intiero eguale e coincidente ad uno dei due assi di quest'ultima e col suo semi-asse eguale alla monta della vòlta la quale, cangiando di posizione, si muova in modo da conservare e il parallelismo e la similitudine perfetta coll'ovale primitiva senza che l'asse intiero menomamente abbandoni il piano dell'ovale fissa.

242. **Vòlta a bacino su pianta circolare.** — Nella figura 235 è rappresentata la metà della proiezione orizzontale e la sezione determinata da un piano verticale passante per l'asse di una vòlta a bacino a tutta monta coprente un circolo posto in un piano orizzontale.

La proiezione orizzontale di siffatta vòlta non presenta particolarità alcuna. In quanto alla sezione determinata dal piano verticale VX, si ottiene essa facilmente segnando le sezioni nei muri perimentali, conducendo la linea d'imposta $A'B'$, descrivendo su essa come diametro un semi-circolo, fissando lo spessore $C_1'C_2'$ che vuolsi dare alla vòlta nella chiave e descrivendo l'arco $A_1'C_2'B_1'$ col raggio $O'C_2'$ maggiore di $C'C_2'$. La superficie d'intrados della mezza vòlta è proiettata nel semicircolo $A'C_1'B'$ e l'arco $A_1'C_2'B_1$ rappresenta la sezione fatta nella superficie d'estrados che è una calotta sferica generata dall'arco $C_2'A_1'$ rotante attorno alla retta $(C, C'C_2')$.

Invece del quarto di circonferenza di circolo $C_1'B'$ si può impiegare un quarto di ellisse o un quarto di ovale per generare la superficie d'intrados, ed in questo caso il disegno della vòlta si eseguisce colle norme già date, salvo che, invece di descrivere una semi-circonferenza sulla corda $A'B'$, si deve descrivere una mezza ellisse o una mezza ovale.

243. **Vòlta a bacino su pianta ellittica.** — Per il disegno di una vòlta a bacino su pianta ellittica è necessario conoscere gli assi dell'ellisse di base e la monta della vòlta.

La proiezione orizzontale della vòlta si riduce ad un'ellisse descritta cogli assi noti che deve avere l'ellisse di base, contorniata della sezione orizzontale fatta nel muro che circonda la vòlta. Nella figura 236 è rappresentata metà di questa proiezione.

La proiezione verticale della sezione prodotta dal piano VX parallelo al piano verticale di proiezione si ottiene, segnando le sezioni nel muro, prendendo la orizzontale $A'B'$ eguale all'asse AB dell'ellisse di base, innalzando nel suo mezzo la perpendicolare $C'C_1'$ eguale alla monta, descrivendo l'ellisse avente per semi-

assi C'B' e C'C$_1$', prendendo lo spessore alla chiave C$_1$'C$_2$' e descrivendo l'arco A$_1$'C$_2$'B$_1$' rappresentante l'intersezione dell'estrados col piano VX.

Un piano qualunque passante per l'asse della vôlta la taglia sempre secondo una mezza ellisse avente un semi-asse eguale alla monta, e nella citata figura 236 si ha la mezza sezione prodotta da un piano la cui traccia orizzontale è DC.

244. **Vôlta a conca.** — Le vôlte a conca sono poste su pianta rettangolare e la superficie del loro intrados è il luogo geométrico dato da un'ellisse generatrice, posta primitivamente in modo da trovarsi in un piano perpendicolare a quello del rettangolo che serve di base alla vôlta, col suo asse intero nel rettangolo ed eguale al lato di questo che è parallelo all'indicato piano e col suo semi-asse eguale alla monta, la quale ellisse, cangiando di forma, si muove parallelamente a se medesima in modo da conservare sempre l'asse intero nel piano del rettangolo d'imposta della vôlta e costantemente eguale al lato del rettangolo cui è parallelo, e in modo che il semi-asse minore varii di lunghezza come le ordinate di un'ellisse fissa, disposta in un piano perpendicolare si al piano del rettangolo coperto dalla vôlta che al piano dell'ellisse generatrice, coll'asse intero eguale al lato del rettangolo a cui è parallela e col semi-asse eguale alla monta. Nella genesi di una vôlta a conca, invece di semi-ellissi, si può anche far uso di una semi-ovale fissa e di una semi-ovale generatrice.

La figura 237 dà il disegno di una vôlta a conca, coprente un rettangolo posto in un piano orizzontale, mediante la sua proiezione orizzontale, la proiezione verticale di una sezione prodotta dal piano VX parallelo al piano verticale e passante per la monta della vôlta, e mediante la mezza sezione data dal piano verticale YZ diretto secondo una diagonale del rettangolo di base.

La proiezione orizzontale della vôlta si riduce al rettangolo ABCD contorniato dalla sezione orizzontale fatta nei muri che sostengono la vôlta medesima.

La proiezione verticale della sezione fatta dal piano VX si ottiene segnando le sezioni dei due muri rappresentati orizzontalmente in AG e CH, collocando la linea d'imposta E'F' a quell'altezza che credesi conveniente, innalzando sul suo mezzo O'O$_1$' eguale alla monta della vôlta, descrivendo la semi-ellisse E'O$_1$'F', e segnando la sezione nel masso della vôlta che ho supposto estradossata orizzontalmente.

La mezza sezione secondo il piano verticale YZ risulta: segnando

la sezione $H''B_1''$ prodotta nel muro e quindi l'orizzontale $B''O''$ al livello di $E'F'$, la qual orizzontale dà in B'' un estremo della curva secondo cui il piano YZ taglia la mezza superficie d'intrados. Il punto più elevato di questa curva risulta evidentemente conducendo da O'' la verticale $O''O_1''$ eguale alla monta della vôlta. Per costrurre poi un punto qualunque della sezione, per esempio quello corrispondente al punto a della proiezione orizzontale, condotta per a la verticale ax, si osserva che il punto domandato si trova su un'ellisse di semi-assi ob ed $a'a_1'$ e che avrà per ordinata al disopra del piano d'imposta l'ordinata dell'indicata ellisse corrispondente all'ascissa oa; perciò, rammentando che per un'ellisse e per un circolo descritto sul suo asse maggiore le ordinate corrispondenti a una stessa ascissa sono nel rapporto del semi-asse minore al semi-asse maggiore, descrivendo col centro in o e con raggi $od = a'a_1'$ e ob due mezze circonferenze, innalzando per a l'ordinata af del circolo maggiore, tirando of e conducendo per g la retta gm parallela a cb, si avrà in am l'altezza del punto della superficie proiettato orizzontalmente in a al disopra del piano d'imposta. Portando $O''a'' = Oa$ e prendendo $a''m'' = am$ si ha in m'' il punto cercato. Lo stesso procedimento può servire per trovare quanti altri punti si vogliono dalla curva che nasce tagliando la vôlta col piano YZ.

245. **Genesi delle vôlte a vela.** — Inscrivendo un poligono in un circolo, immaginando l'emisfero insistente su quest'ultimo, sollevando poi diversi lati del poligono dei piani ad esso perpendicolari e rimovendo le semi-calotte determinate dalle intersezioni degli accennati piani colla superficie dell'emisfero, si ha l'intrados di una *vôlta a vela sferica*. — Consegue da tale definizione non essere possibile l'esecuzione di una vôlta a vela sferica su tutti i poligoni, ma su quelli soltanto ai quali è circoscrivibile un circolo, come sono i poligoni regolari, i rettangoli, i quadrilateri in cui la somma degli angoli opposti vale due angoli retti. La superficie d'intrados di siffatta vôlta viene a terminare in un punto su tutti i vertici della base ed ha l'altezza del suo punto più alto eguale al raggio del circolo circoscritto alla base.

Se, invece di un emisfero, si immagina un semi-ellissoide di rivoluzione che copre il circolo circoscritto al poligono che deve essere base di una vôlta a vela, e se da questa superficie ellissoidica si immaginano tolte le semi-calotte che si proiettano al di fuori del poligono di base, si ha una *vôlta a vela sferoidica*. In simili vôlte la monta non è più eguale al raggio del circolo cir-

coscritto alla base, e si dicono esse *a monta depressa* o *a monta rialzata*, secondo che questo è maggiore o minore della monta. — Pei poligoni a cui è circoscrivibile un'ellisse si possono anche adottare vôlte sferoidiche la cui superficie d'intrados sia quella di un semi-ellissoide a tre assi privato delle semi-calotte che si proiettano sul piano di base al di fuori del suo perimetro.

Vôlte a vela, in tutto analoghe alle sferoidiche, sono quelle che nascono immaginando coperto il circolo circoscritto alla base della vôlta mediante una vôlta a bacino generata dalla rotazione di un quarto di ovale. Tanto queste ultime però, come pure le sferoidiche, ammettono per linee d'imposta delle curve che non sono mezze circonferenze di circolo, e per questo, oltre di presentare alcune difficoltà di esecuzione, riescono anche di un aspetto poco gradevole, per cui raramente si vedono impiegate nelle costruzioni.

Oltre le indicate maniere di generazione, altre ancora se ne possono dare per le vôlte a vela, e principalmente per quelle su pianta rettangolare. In appositi numeri si parlerà principalmente delle vôlte a vela su pianta rettangola aventi per superficie d'intrados una porzione di superficie di toro, e delle vôlte a vela, pure su pianta rettangola, coll'intrados generato da un arco di circolo di forma variabile che, mantenendosi sempre in un piano perpendicolare al piano d'imposta, si muove parallelamente a se stesso in modo da appoggiare coi suoi estremi e col suo mezzo su tre curve assegnate di forma, di grandezza e di posizione.

246. **Vôlta a vela sferica**. — Nella figura 238 si ha la rappresentazione di una vôlta a vela sferica su base quadrata mediante la proiezione orizzontale su un piano segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta, mediante la sezione prodotta dal piano verticale VX parallelo al piano verticale di proiezione e dividente per metà due dei suoi lati, e mediante la sezione secondo il piano YZ perpendicolare a quello di base e diretto secondo una sua diagonale.

La proiezione orizzontale della vôlta sta tutta quanta nel quadrato ABCD; AE, BF, CG e DH rappresentano i quattro piedritti che servono di sostegno alla vôlta; e nelle aree rettangolari *abcd*, *efgh*, *iklm* e *nopq* cadono le proiezioni delle superficie d'intrados dei quattro passaggi retti che sono praticati nei muri fra cui trovasi la vôlta.

La sezione verticale prodotta dal piano VX si eseguisce: segnando la linea d'imposta $p'h'$ e il suo punto di mezzo O' che rappresenta il centro della superficie sferica costituente l'intrados

della vôlta; descrivendo con raggi $O'a'$ e $O'o'$, rispettivamente eguali ad $O_1 a$ e $O_1 A$, le mezze circonferenze $a'O_1'b'$ e $o'O_2'e'$ proiettate sul piano orizzontale in ab e AB; costruendo i rettangoli $o't'u'p'$ ed $e'r's'h'$ alti come $ot = er$, e rappresentanti le proiezioni delle superficie d'intrados dei mezzi passaggi proiettati orizzontalmente in *otup* ed *ersh*; disegnando l'arco $t_1'O_3'r_1'$ di centro O' e di raggio $O'O_3' = OA$ rappresentante la sezione fatta nell'intrados della vôlta dal piano VX; e finalmente prendendo $O_3'O_4'$ eguale allo spessore che vuolsi assegnare alla vôlta alla sua sommità e descrivendo l'arco $t_2'O_4'r_2'$ col centro sulla verticale del punto O' e con quel raggio che credesi conveniente di assegnare alla superficie d'estrados che generalmente si costruisce pure sferica.

La sezione verticale secondo il piano YZ si affettua: segnando le sezioni $E''A_3''$ e $G''C_3''$ che nascono nei piedritti; tenendo in $A''C''$, al livello di $p'h'$, la linea d'imposta; dividendo $A''C''$ per mezzo in O''; descrivendo la semi-circonferenza $A''O_3''C''$ rappresentante l'intersezione colla superficie della vôlta, e l'arco $A_2''O_4''C_2''$ avente il suo centro sulla verticale di O'' ed il raggio medesimo che già venne assegnato all'arco $t_2'O_4'r_2'$. Rimangono ancora a segnarsi le sei mezze circonferenze orizzontalmente proiettate in *ef*, *hg*, BC, *ba*, *cd* e BA e che si presentano secondo sei mezze ellissi. Per giungere al loro tracciamento si possono seguire diverse vie, e qui credo miglior partito di rintracciarne prima i semi-assi tirando le rette BO, $e\varepsilon$, $h\chi$, $r\rho$, $s\sigma$, $f\varphi$, $g\gamma$ perpendicolari ad YZ e portando $O''\varepsilon'' = O\varepsilon$, $O''\chi'' = O\chi$, $O''\rho'' = O\rho$, $O''\sigma'' = O\sigma$, $O''\varphi'' = O\varphi$ e $O''\gamma'' = O\gamma$ si avranno in $O''C''$, $\varepsilon''\varphi''$ e $\chi''\gamma''$ gli assi minori delle ellissi rappresentate orizzontalmente in BC, *ef* e *hg*. Innalzando poi per ρ'' e σ'' due perpendicolari ad $A''C''$ e prendendo su esse $\rho''r_1''$, $\rho''r''$, e $\sigma''s''$ eguali, la prima a Br, la seconda e la terza ad er, si avranno i semi-assi maggiori. Conoscendosi i semi-assi di queste ellissi si possono descrivere per intero le due di centro ρ'', e solo per la parte che rimane visibile quella di centro σ''. Collo stesso procedimento si potranno descrivere le curve ellittiche collocate a sinistra del punto O''.

247. Vôlta a vela anulare. — Una base rettangolare ABCD (*fig.* 239) si può coprire con una vôlta a vela avente il suo intrados generato dalla rivoluzione di una semi-circonferenza DGA rotante attorno alla retta EF presa nel piano d'imposta della vôlta e disposta parallelamente ai lati di minor lunghezza del rettangolo. Una siffatta vôlta, presentando quattro archi per linee d'imposta ed avendo per superficie d'intrados una porzione di superficie di

toro o di anello si può dire *vôlta a vela anulare*, e nel generare la superficie d'intrados, invece della mezza circonferenza DGA, si potrebbe anche far uso di un arco di circolo, o di una mezza ellisse o di una mezza ovale.

La sezione della vôlta con un piano segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta non ammette singolarità alcuna, e si compie il disegno della medesima segnandovi la sezione nei piedritti.

La sezione secondo il piano VX perpendicolare al piano d'imposta dividente per mezzo i due lati AD e BC si compie indicando le sezioni prodotte da tal piano nei piedritti, tirando la linea d'imposta A'B', descrivendo su essa la semi-circonferenza A'E'B' che sarebbe quella generata dal punto A nella mezza rivoluzione della figura FAGDE attorno FE e tracciando col centro in O' e con raggio $O'O_1 = OG$ l'arco $A_1'O_1'B_1'$ che è parte di quello generato dal punto G nell'indicata semi-rivoluzione. Il corpo della vôlta si può supporre generato dalla rotazione dell'area $AA_1G_1D_1DG$ intorno alla retta FE, determinata col prendere GG_1 eguale allo spessore che vuolsi assegnare alla chiave e descrivendo l'arco $A_1C_1D_1$ con raggio maggiore di 1/2 BC. La sezione secondo il piano VX si compie prendendo $O_1'O_2'$ eguale allo spessore della vôlta e descrivendo l'arco $A_2'O_2'B_2'$ di centro O_1 e di raggio $O'O_2'$.

Per avere la sezione secondo il piano verticale YZ, dividente per mezzo i due lati AB e CD della base, si segni la linea d'imposta $K''I'' = KI$ al livello di A'B', si divida questa linea per mezzo in O'', prendansi O''E'' e O''F'' eguali ad OF, e descrivasi la figura $E''E_1''O_1''F_1''F''$ precisamente eguale alla figura FAGDE. Se vuolsi la sezione nel masso della vôlta si prenda $O_1''O_2''$ eguale allo spessore assegnato alla chiave e si descriva l'arco $E_2''O_2''F_2''$ col raggio assegnato all'arco $A_1C_1D_1$. — La linea d'imposta della vôlta sulla faccia AD è una curva, nei cui estremi E'' ed F'' le tangenti sono perpendicolari alla sua corda e che ammette come punto di altezza massima il punto H'' determinato col prendere $O''H'' = A'A_1'$. Per ottenere un altro punto qualunque dell'indicata curva, per esempio, quello la cui proiezione orizzontale è in c, si tira la retta bca perpendicolare ad YZ, centro in O' con raggio $O'b' = ab$, si descrive l'arco $b'c'$, si prende $O''a'' = Oa$ e $a''c'' = A'c'$ e risulta il punto c'' corrispondente del punto(c, c'). Prendendo $O''d'' = Oa$ e $d''e'' = A'c'$ si ha il punto e'' simmetrico con c''. Questo procedimento applicato ad altri punti conduce all'esatto tracciamento della curva.

248. Vôlte a vela su pianta rettangola col intrados generato da un arco di circolo di forma variabile. — Quando voglionsi costrurre delle vôlte a vela su pianta rettangolare e che non riesce possibile di adottare una superficie sferica come superficie d'intrados, si può immaginare questo generato come vado ad esporre ragionando sulla figura 245, dove trovasi la sezione al piano d'imposta preso per piano orizzontale di proiezione e due altre sezioni, una prodotta dal piano VX perpendicolare al rettangolo d'imposta, parallelo a due dei suoi lati e dividente per metà gli altri due, e l'altra prodotta dal piano YZ pure perpendicolare al rettangolo d'imposta e diretto secondo una sua diagonale.

Immaginate le quattro mezze circonferenze di diametri e di proiezioni orizzontali AB, BC, CD e DA, e fissata la monta che vuolsi assegnare alla vôlta, s'immagini l'arco di circolo (EGF, E'G'F') passante pel punto (G, G'), preso al disopra del centro del rettangolo d'imposta di una quantità eguale alla monta, e pei punti (E, E') ed (F, F') sommità delle due mezze circonferenze (AD, A'E'), e (BC, B'F'). Fatto questo s'immagini un arco di forma variabile che, mantenendosi sempre in un piano parallelo a quello del circolo (AD, A'E') si muova in modo da conservarsi sempre colle sue due estremità sulle mezze circonferenze orizzontalmente proiettate in AB e DC e col suo mezzo sull'arco (EF, E'F'); quest'arco genera nel suo movimento una superficie che è quella che si può assumere per intrados della vôlta.

La superficie d'estrados può evidentemente essere generata in modo tutto analogo a quello tenuto per la generazione dell'intrados.

Il disegno della sezione prodotta dal piano VX si eseguisce senza difficoltà alcuna quando si osservi: che A'B' = AB; che le rette A'E' e B'F' devono ambedue essere eguali ad 1/2 AD; che $G_1'G'$ deve essere eguale alla monta della vôlta; e che la curva E'G'F' deve essere un arco circolare passante pei tre punti dati E', G', F'. In quanto all'arco $E_1'F_1'$ rappresentante la sezione nella superficie d'estrados, avrà esso il suo raggio eguale o maggiore di quello dell'arco E'F' secondo che la vôlta deve o no avere spessore uniforme.

Per quanto spetta alla sezione secondo il piano YZ, presa la retta A″C″ = AC, la retta A″B″ = AB_1 (essendo B_1 il piede della perpendicolare abbassata da B su AC) e descritte le due semi-ellissi A″H″B″ e B″F″C″ i cui semi-assi maggiori siano rispettivamente I″H″ = 1/2 AB e K″F″ = 1/2 BC, si deve passare al tracciamento

della curva intersezione della superficie d'intrados col piano segante. Perciò si osserva: che A'' e C'' sono i due estremi di tale curva, che prendendo $A''G_1'' = 1/2\, A''C''$ ed innalzando la perpendicolare $G_1''G'' = G_1'G'$ si ottiene il suo punto di mezzo; che, considerando un punto qualunque la cui proiezione orizzontale è m, si trova il punto corrispondente m'' tirando la retta $rmno'$ parallela a DA, prendendo np ed rq ambedue eguali ad $n'p'$ ed $oo_1 = n'o'$, descrivendo l'arco po_1q rappresentante l'arco generatore dell'intrados passante pel punto di proiezione orizzontale m e ribattuto sul piano orizzontale, e prendendo $A''m_1'' = Am$ e $m_1''m'' = mm_1$. Portando $C''s_1'' = Am$ e $s_1''s'' = mm_1$ si trova un altro punto s''. Il processo indicato per trovare i due punti m'' ed s'' applicato ad alcuni altri punti permette l'esatto tracciamento della curva $A''m''G''s''C''$.

Genesi delle vôlte composte.

249. **Indicazione delle principali vôlte composte.** — Svariatissime forme di vôlte composte si possono immaginare e costrurre; quelle però che più di frequente si trovano negli edifizi esistenti e che continuamente si impiegano nelle moderne costruzioni sono: *le vôlte a padiglione*, quelle *a botte con teste di padiglione* e quelle *a schifo; le vôlte a crociera* e quelle *lunulate; le vôlte a fascioni* e le *vôlte a cupola.*

250. **Genesi delle vôlte a padiglione**. — Considerando il caso più generale di una vôlta a padiglione insistente sopra un poligono qualunque ABCDE (*fig.* 240) preso come piano d'imposta, ed imponendosi la condizione che siano curve piane tutte quelle secondo cui vengono ad intersecarsi le superficie che nel loro assieme danno l'intiero intrados della vôlta, la sua generazione vien definita come segue: scelgasi un punto F posto verso il mezzo del detto poligono e coincidente col suo centro, se pure esiste; innalzisi per tal punto la retta FG perpendicolare al piano del poligono medesimo e di lunghezza eguale alla monta che vuolsi assegnare alla vôlta: si immagini per FG un piano perpendicolare ad un lato della base, per esempio al lato AB, e si fissi il punto H in cui questo piano taglia la AB stessa; nel piano così definito descrivasi un arco che da G vada in H, prendendo quest'arco come direttrice s'immagini descritta la superficie cilindrica avente le sue generatrici parallele al lato AB, e si trovino le intersezioni di questa supeficie cilindrica coi piani GFA e GFB, che saranno due curve GA e GB: prendendo la curva GB come direttrice ed una retta parallela al lato BC

come generatrice, descrivasi pure una superficie cilindrica e se ne trovi la intersezione G C col piano G F C; e così si proceda a descrivere successivamente delle superficie cilindriche coi loro lati paralleli a CD, a DE ed a EA, ed aventi rispettivamente per direttrici la curva G C la prima, la curva GD la seconda, e la curva GE la terza, la quale ultima, qualora ammetta per intersezione col piano GFA la curva stessa GA già ottenuta intersecando la prima delle descritte superficie cilindriche coll'anzidetto piano, servirà di compimento alla superficie d'intrados della vôlta a padiglione coprente il poligono proposto ABCDE.

Per dimostrare che il piano GFA interseca la superficie cilindrica di direttrice GH e con generatrici parallele al lato AB secondo una curva GA identica a quella, secondo cui lo stesso piano taglia la superficie cilindrica con direttrice GE e con generatrici parallele ad EA, si può tenere questo procedimento: suppongasi che le due curve siano diverse l'una dall'altra, e che sia GIA la prima e GI_1A la seconda; si immagini condotto un piano parallelo al piano d'imposta ABCDE, il quale, pel descritto sistema di generazione della superficie d'intrados della vôlta, la taglierà secondo le rette IK, KL, LM, MN ed NI_1 rispettivamente parallele ai lati AB, BC, CD, DE ed EA; si proiettino le indicate rette sul poligono d'imposta in I'K', K'L', L'M', M'N' ed $N'I_1'$; si osservi che anche queste proiezioni sono rispettivamente parallele ai lati AB, BC, CD, DE ed EA, e che per conseguenza si potrà dedurre la serie di eguaglianze.

$$\frac{FA}{FI'}=\frac{FB}{FK'}=\frac{FC}{FL'}=\frac{FD}{FM'}=\frac{FE}{FN'}=\frac{FA}{FI_1'}$$

d'onde risulta

$$\frac{FA}{FI'}=\frac{FA}{FI_1'}$$

e

$$FI'=FI_1'$$

ossia che i due punti I ed I_1 devono avere la stessa proiezione sul piano ABCDE. Ora trovandosi questi due punti sopra uno stesso piano parallelo a quello di proiezione, hanno per rapporto a questo la medesima altezza, e per conseguenza si confondono; ed essendo vero questo, qualunque sia l'altezza a cui si conduce il piano parallelo a quello d' imposta, è giuoco forza il conchiudere che le due curve GIA e GI_1A si confondono e che formano una curva unica.

Dall'indicato modo di generazione della superficie d'intrados della vôlta a padiglione risulta: che essa componesi di tante parti o *fusi cilindrici* GAB, GBC, GCD, GDE e GEA quanti sono i lati del poligono da coprirsi; che le curve o *spigoli* GA, GB, GC, GD e GE sono archi d'ellisse allorquando l'arco GH è un arco circolare o un arco ellittico; e che questi spigoli sono quarti di ellisse, aventi tutti per un semi-asse la monta FG e rispettivamente per altro semi-asse le rette FA, FB, FC, FD ed FE, allorquando il detto arco GH è un quarto di circonferenza di circolo oppure un quarto di periferia ellittica giacchè, supponendo che la tangente in H all'arco HG sia perpendicolare al piano del poligono d'imposta ABCDE, si dimostra facilmente essere pure perpendicolari al piano dello stesso poligono le tangenti nei punti A, B, C, D ed E alle curve GA, GB, GC, GD e GE. Nell'ultima espressa condizione dell'arco GH sono pure quarti di ellisse tutte le sezioni prodotte nei vari fusi da piani passanti per le saetta GF e quindi anche quelle date da piani rispettivamente perpendicolari ai lati BC, CD, DE ed EA del poligono d'imposta; e risulta perciò che si ha una vôlta a padiglione colla superficie d'intrados avente i suoi spigoli costituiti da linee piane allorquando s'immagina essa prodotta da tanti fusi cilindrici GAB, GBC, GCD, GDE e GEA appartenenti a cilindri diversi aventi per direttrici dei quarti di ellisse col semi-asse comune FG eguale alla monta dalla vôlta, coi semi-assi diversi eguale alle rette condotte dal piede F della saetta rispettivamente perpendicolari ai lati AB, BC, CD DE ed EA del poligono d'imposta.

Se il poligono ABCDE è un poligono regolare, e se il punto F si è preso nel centro, sono evidentemente eguali tutti i fusi che compongono la superficie d'intrados della vôlta e quindi eguali tutti i loro spigoli e tutte le sezioni rette analoghe a GFH.

In un fuso qualunque di vôlta a padiglione, nel fuso GAB per esempio, chiamansi: *lato del fuso* la retta AB con cui esso termina all'imposta; *vertice* l'estremità G in cui si riuniscono più fusi onde formare la vôlta; *saetta* o *monta* la perpendicolare GF calata dal vertice sul piano d'imposta; e *semi-corda* la perpendicolare condotta dal piede F della saetta sul lato AB. Un fuso si dice *a tutta monta*, o *a monta depressa*, o *a monta rialzata* secondo che la sua monta è eguale, minore o maggiore della semi-corda. Una vôlta a padiglione è a tutta monta quando tale è quella di tutti i fusi che la compongono, è *a monta depressa* quando tutti, alcuni o anche un solo dei suoi fusi è a monta depressa, ed è *a monta rialzata* quando lo sono tutti i fusi.

La superficie d'estrados delle vôlte a padiglione è anche generalmente formata da fusi cilindrici come quella d'intrados, in modo però che il masso murale contenuto fra dette due superficie vada crescendo dal vertice della vôlta all'imposta.

251. Vôlta a padiglione coprente un poligono regolare. — Si considererà il caso particolare di una vôlta a padiglione a tutta monta insistente sopra un ottagono regolare, e ne verrà data la rappresentazione (*fig.* 244) mediante la proiezione orizzontale su un piano segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta e mediante lo spaccato prodotto da un piano perpendicolare a quello d'imposta, passante pel vertice della vôlta, dividente per mezzo i lati di due fusi opposti e parallelo al piano verticale di proiezione.

La proiezione orizzontale della superficie d'intrados della vôlta si riduce all'ottagono regolare ABCDEFGH coi raggi OA, OB, OC, OD, OE, OF, OG ed OH, che rappresentano gli otto spigoli i quali separano gli otto fusi cilindrici rappresentati negli otto triangoli in cui i detti raggi scompongono l'ottagono regolare; e la superficie la quale contornia l'esagono rappresenta la sezione prodotta nei piedritti dal piano segante assunto come piano orizzontale di proiezione.

Lo spaccato, secondo il piano verticale sopra definito e rappresentato dalla traccia orizzontale XY, si costruisce incominciando dal disegnare la sezione nei piedritti in $A_1'I'$ e $D_1'L'$ e procedendo quindi come immediatamente viene indicato: si segni in $A'D'$ la traccia verticale del poligono d'imposta con lunghezza eguale ad A_1D_1, e, preso il punto di mezzo O_1', si descriva la semicirconferenza $A'O'D$ la quale rappresenterà la sezione fatta dal detto piano XY nei due fusi orizzontalmente proiettati in OAH e ODE, non che le proiezioni verticali dei due spigoli orizzontalmente proiettati in OA e OD; si prenda $O_1'B' = O_1'C' = 1/2$ BC, e, rammentando che, per quanto si è detto nel numero precedente, i diversi spigoli dell'intrados della vôlta sono quarti di periferie ellittiche, si rappresenteranno i due spigoli orizzontalmente proiettati in OB ed in OC descrivendo due quarti di ellissi $O'B'$ ed $O'C'$ aventi rispettivamente per semi-assi $O'O_1'$ ed $O_1'B'$ e $O'O_1'$ ed $O_1'C'$, ossia descrivendo una mezza ellisse avente $O_1'O'$ per semi-asse maggiore e $B'C'$ per asse minore; finalmente, fissato lo spessore $O'O_2'$ che vuolsi dare alla vôlta nella chiave, si descriva un arco circolare $A_2'O_2'D_2'$ un raggio maggiore di $O_1'O_2'$, e rappresenterà questo la sezione fatta dal piano segante XY nell'estrados della vôlta.

La mezza ellisse $B'O'C'$ si può costrurre, indipendentemente dalla

conoscenza dei suoi semi-assi, col seguente metodo: si conduca un piano orizzontale qualunque $a'd'$ segante l'intrados della vôlta; si trovi la proiezione orizzontale a_1 del punto verticalmente proiettato in a'; si costruisca la proiezione orizzontale a_1abcdd_1 della sezione prodotta dal detto piano orizzontale nella mezza superficie d'intrados col tirare successivamente ed a partire da a_1 le rette a_1a, ab, bc, cd e dd_1 rispettivamente parallele ad A_1A, AB, BC, CD e DD_1; essendo b e c le proiezioni orizzontali di due punti della curva che vuolsi costrurre in proiezione verticale e dovendo le proiezioni verticali di questi punti trovarsi sulla traccia verticale $a'd'$ del piano segante condotto, si otterranno queste proiettando i due punti b e c su $a'd'$ in b' e c'. Immaginando altri piani orizzontali seganti l'intrados della vôlta, si possono avere quante coppie di punti si vogliono pel tracciamento della curva $B'O'C'$.

252. **Vôlta a padiglione coprente un rettangolo.** — La rappresentazione di una tal vôlta verrà fatta mediante la proiezione orizzontale su un piano segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta (*fig.* 245), e mediante la sezione prodotta dal piano verticale VX condotto per il mezzo dei due lati di minor lunghezza del rettangolo coperto dalla vôlta e disposto parallelamente al piano verticale di proiezione.

La proiezione orizzontale della superficie d'intrados si riduce al rettangolo $ABCD$, e quella del suo vertice cade nell'intersezione O delle due diagonali AC e BD. Queste diagonali poi rappresentano le proiezioni orizzontali dei quattro spigoli della vôlta, tuttora che i quattro fusi che ne compongono la superficie d'intrados abbiano per direttrici dei quadranti ellittici posti nei piani verticali VX ed YZ, tutti col semi-asse verticale comune eguale alla monta della vôlta, e coi semi-assi orizzontali eguali ad OE, OF, OG ed OH. I piedritti sono rappresentati nella superficie tratteggiata che contornia il rettangolo $ABCD$.

La sezione secondo il piano verticale VX si eseguisce incominciando dal segnare i piedritti in $A_1'I_1'$ e $B_1'L_1'$, conducendo dopo la traccia verticale $A'B'$ del piano d'imposta lunga come AB, dividendola per mezzo in O_1', prendendo $O_1'O'$ eguale alla monta che vuolsi dare alla vôlta, descrivendo la semi-ellisse $A'O'B'$ di asse orizzontale $A'B'$ e di semi-asse verticale $O_1'O'$, determinando $O'O_2'$ eguale allo spessore che vuolsi dare alla vôlta nella chiave, e descrivendo l'arco $A_2'O_2'B_2'$ rappresentante l'intersezione del piano VX colla superficie d'estrados. La semi-ellisse $A'O'B'$, oltre di essere l'intersezione del piano VX colla superficie d'intrados della vôlta,

è anche proiezione verticale dei due mezzi fusi orizzontalmente proiettati in OHA ed OGB; ed il fuso di proiezione orizzontale OAB ammette per proiezione verticale l'intiera area semi-ellittica A'O'B'.

La mezza ellisse A'O'B' assai facilmente può essere costrutta senza l'impiego dei suoi semi-assi, principalmente quando la superficie cilindrica, a cui appartengono i due fusi di proiezione orizzontale OAB ed ODC, ha per direttrice una mezza circonferenza di circolo. Infatti, essendo i quadranti ellittici O'A' ed O'B' le proiezioni verticali dei due mezzi fusi orizzontalmente proiettati in OHA ed OGB, sono anche proiezioni verticali dei due spigoli che ammettono per proiezioni orizzontali le due mezze diagonali OA ed OB, cosicchè costrurre la semi-ellisse A'O'B' è la stessa cosa che trovare la proiezione verticale dei detti due spigoli. Ridotta la quistione a questo punto, prendasi su OB un punto a; conducasi per questo la proiezione orizzontale della generatrice della superficie cilindrica, a cui appartiene il fuso proiettato orizzontalmente nel triangolo OAB, la qual generatrice è una retta ab parallela ad AB, e cerchisi la proiezione verticale della medesima generatrice. Si immagini perciò il piano di profilo di traccia orizzontale EF tagliante la superficie d'intrados della vôlta secondo una mezza circonferenza di circolo che, ribattuta sul piano d'imposta si proietta orizzontalmente in EKF; si segni il punto c in cui il diametro EF di detta semi-circonferenza è intersecato dalla ab; si prenda l'ordinata corrispondente cd, la quale evidentemente indica a qual altezza sul piano d'imposta trovasi la generatrice di proiezione orizzontale ab; prendasi $O_1'd' = cd$; e conducasi per d' la orizzontale xy che rappresenterà la proiezione verticale di detta generatrice. Il punto orizzontalmente proiettato in a, dovendosi contemporaneamente trovare sulla xy e su una perpendicolare ad essa condotta da a, sarà in a' dove queste rette si incontrano. Conducendo pure da b una perpendicolare alla xy si avrà in b' un secondo punto della curva da costruirsi; prendendo sulla BO un altro punto a_1 ed operando come si è fatto dopo la scelta del punto a, si troveranno due altri punti; e collo stesso metodo si possono avere quante coppie di punti si vogliono, che uniti fra loro somministrano poi la mezza ellisse domandata.

253. Genesi delle vôlte a botte con teste di padiglione. — Queste vôlte si costruiscono generalmente sopra aree rettangolari, ma nulla osta che si possano anche fare sopra aree parallelogrammiche e sopra aree trapezie. Ponendo che il trapezio ABCD

(*fig.* 241) rappresenti la figura da coprirsi con una vôlta a botte con teste di padiglione, si adotterà il seguente modo di generazione della superficie d'intrados: nel quadrilatero che deve essere coperto dalla vôlta si condurrà una retta EF parallela ai due lati di maggior lunghezza nel caso di un rettangolo e di un parallelogramma, parallela alle due basi nel caso di un trapezio, ed equidistante dalle due rette a cui è parallela; si prenderanno su questa retta i due punti E ed F in modo che le perpendicolari IE e KF ai due lati AD e BC risultino eguali alla distanza HG esistente fra EF e DC; si descriverà la superficie cilindrica avente per direttrice un arco GH′ proiettantesi sul piano d'imposta in GH, ed avente orizzontale la sua tangente in H′; si taglierà questa superficie col piano verticale F′FC onde poter descrivere una seconda superficie cilindrica avente per direttrice quest'intersezione F′C e per generatrice una retta parallela alla orizzontale CB; analogamente si descriverà una terza superficie cilindrica avente per direttrice l'intersezione della precedente superficie col piano verticale F′FB, le generatrici parallele alla orizzontale AB, e si troverà la curva AE′ che nasce tagliando questa superficie col piano verticale E′EA; finalmente si descriverà una quarta superficie cilindrica prendendo per direttrice la detta curva AE′ e per generatrici delle rette parallele all'orizzontale DA, le quali di necessità, analogamente a quanto si è dimostrato per le vôlte a padiglione (num. 250), dovranno passare per la curva DE′ intersezione della prima superficie cilindrica col piano verticale E′ED.

La genesi delle vôlte a botte con teste di padiglione, quale venne esposta, conduce ad avere quattro archi eguali GH′, KF′, LH′ ed IE′ per sezioni rette delle quattro superficie cilindriche componenti l'intrados, e questa verità si può dimostrare in generale facendo vedere che tagliando la superficie d'intrados con piani orizzontali, ciascuno di essi interseca i detti archi in modo che i quattro punti *a*, *b*, *c* e *d* sono allo stesso livello e con distanze orizzontali rispettivamente eguali da I, da G, da K e da L.

Una vôlta a botte con teste di padiglione si dice *a tutta monta*, *a monta depressa* o *a monta rialzata*, secondochè la sua monta HH′ è eguale o minore o maggiore della semi-larghezza o semi-corda GH.

La superficie d'estrados delle vôlte a botte con teste di padiglione è analoga a quella d'intrados, ed è fatta in modo da essere il masso murale che le costituisce crescente in spessore dalla chiave all'imposta.

254. Vôlta a botte con teste di padiglione su pianta rettangolare. — La proiezione di una siffatta vôlta su un piano segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta, ed assunto come piano orizzontale di proiezione. riducesi tutta al rettangolo ABCD (*fig.* 246) colle quattro linee AG, BH, CH e DG dividenti per mezzo i quattro angoli di detto rettangolo, e rappresentanti le proiezioni orizzontali dei quattro spigoli che la vôlta ammette al suo intrados. La superficie tratteggiata che contornia il detto rettangolo rappresenta la sezione prodotta nei piedritti dal piano orizzontale di proiezione.

Per avere la sezione fatta dal piano verticale VX, preso parallelo al piano verticale di proiezione, si incomincierà dal segnare a quell'altezza che credesi opportuna la traccia verticale A′B′ del piano d'imposta, si proietteranno i punti G ed H in G_1' ed H_1', si condnrranno le due verticali $G_1'G'$ ed $H_1'H'$ di lunghezza eguale alla monta della vôlta, e si traccierà la retta G′H′ che rappresenterà la proiezione verticale della generatrice suprema della superficie d'intrados, non che la sezione prodotta dal detto piano verticale in questa superficie. Essendo perpendicolari al piano verticale di proiezione le generatrici dei due fusi cilindrici orizzontalmente proiettati in ADG e BCH, le proiezioni verticali dei mezzi fusi AIG e BKH si riducono a due curve identiche alla sezione retta delle superficie cilindriche d'intrados, aventi rispettivamente le tangenti orizzontali in G′ ed H′ e, supponendo che sia un arco circolare l'indicata sezione retta, sarà facile il descrivere le dette curve perchè per ciascuna di esse si conoscono i due punti estremi, che sono rispettivamente A′ e G′, B′ ed H′, non che la tangente comune G′H′ in G′ ed H′.

La sezione prodotta nell'intrados della vôlta dal piano verticale YZ, perpendicolare al piano VX, si riduce all'arco B″O″C″ di corda $B''C'' = EF$ e di saetta $O_1''O'' = G_1'G'$, e nel segmento R″O″C″ viene rappresentata la mezza superficie d'intrados.

Le superficie tratteggiate delle due sezioni secondo i piani verticali VX ed YZ rappresentano gli spaccati prodotti dai detti piani nei piedritti e nel masso murale della vôlta.

255. Genesi delle vôlte a schifo. — Le vôlte a schifo possono essere impiegate per coprire un'area poligonale qualunque, ed in quello che immediatamente segue viene indicata la loro genesi. Essendo ABCDE (*fig* 242) un poligono, che vuolsi coprire con una vôlta a schifo, se ne determinerà la superficie d'intrados: segnando un poligono FGHLM internamente al poligono ABCDE avente i

lati FG, GH, HL, LM ed MF rispettivamente paralleli ed equidistanti dai lati AB, BC, CD, DE ed EA; prendendo un arco K'I posto in un piano IKK' perpendicolare ad uno dei lati del poligono da coprirsi colla tangente orizzontale in K'; descrivendo la superficie cilindrica avente per direttrice quest'arco ed avente le sue generatrici parallele al lato AB; trovando le intersezioni AF' e BG' di questa superficie coi piani verticali AFF' e BGG', e continuando, analogamente a quanto già si è detto per le vôlte a padiglione (num. 250) e per le vôlte a botte con teste di padiglione (num. 255), a descrivere le superficie cilindriche successive coprenti i trapezi BCHG, CDLH, DEML ed EAFM, aventi le loro direttrici rispettivamente parallele ai lati BC, CD, DE ed EA e le direttrici negli archi BG', CH', DL' ed EM'. Per coprire il poligono FGHLM si adotterà una superficie piana F'G'H'L'M' parallela al piano del poligono ABCDE, la quale, a motivo dell'orizzontalità assegnata alla tangente nell'estremo dell'arco IK', rimane raccordata colle superficie cilindriche già definite.

Analogamente a quanto si è detto per le vôlte a botte con teste di padiglione (num 255), le sezioni rette delle superficie cilindriche formanti l'intrados delle vôlte a schifo quale venne definito sono curve tutte eguali fra di loro.

Una vôlta a schifo sarà *a tutta monta* o *a monta depressa* o *a monta rialzata* secondo che la differenza di livello fra i due punti estremi dell'arco IK', ossia la monta della vôlta, è eguale o minore o maggiore dell'equidistanza IK esistente fra i lati del poligono ABCDE e quelli del poligono FGHLM.

La superficie d'estrados delle vôlte a schifo è sempre analoga a quella d'intrados, ed in generale soddisfa alla solita condizione di diminuire lo spessore del masso murale delle imposte verso il mezzo.

256. **Vôlta a schifo su pianta rettangolare.** — In questo caso la superficie d'intrados della vôlta è costituita da quattro superficie cilindriche due a due eguali e da un rettangolo. — La proiezione della superficie d'intrados, su un piano segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta ed assunto come piano orizzontale di proiezione, si riduce al rettangolo ABCD (*fig.* 247) colle quattro rette AE, BF, CG e DH, dividenti per mezzo gli angoli dell'indicato rettangolo, di egual lunghezza e limitate ai vertici del rettangolo EFGH avente il suo perimetro parallelo ed equidistante da quello del rettaugolo ABCD. La superficie tratteggiata poi che contornia la detta proiezione orizzontale della superficie d'intra-

dos rappresenta, come al solito, la sezione fatta nei piedritti dal piano orizzontale di proiezione.

Per ottenere la sezione secondo il piano verticale di traccia orizzontale VX, condotto parallelamente al piano verticale di proiezione, si proiettino i due punti A e B in A′ e B′ sull'orizzontale marcante la traccia verticale del piano d'imposta, i punti E ed F si proiettino su questa retta in E_1' ed F_1', prendansi $E_1'E'$ ed $F_1'F'$ eguali alla monta della vôlta, si tiri la retta E′F′ la quale rappresenterà la sezione fatta nella parte piana e rettangolare dell'intrados, e si descrivano gli archi A′E′ e B′F′ eguali alla sezione retta delle quattro superficie cilindriche che in questo caso particolare venne assunta un quarto di circonferenza di circolo. Nello spaccato secondo il piano VX e sua proiezione verticale sono rappresentate: colle superficie tratteggiate le sezioni nei piedritti e nel masso murale della vôlta; in (ABFE, A′B′F′E′), (AIKE, A′E′) e (BLMF, B′F′) le superficie cilindriche costituenti la metà dell'intrados; ed in (EFMK, E′F′) la metà della superficie piana che superiormente lo termina.

257. **Vôlta a padiglione sopra schifo.** — Questa vôlta vien fatta allorquando si ha disponibile un'altezza piuttosto grande sostituendo alla parte piana F′G′H′L′M′ (*fig.* 242) della vôlta a schifo una vôlta a padiglione. Affinchè però l'immediato succedersi di due superficie curve, quella costituita dalle superficie cilindriche della vôlta a schifo e quella formante l'intrados della vôlta a padiglione, non abbia da produrre uno spiacevole aspetto, suolsi innalzare il piano d'imposta della vôlta a padiglione facendo in modo che fra la linea poligonale F′G′H′L′M′ e l'imposta dell'ultima accennata vôlta risulti una superficie prismatica, che generalmente suolsi coprire di sagome e di altri ornamenti architettonici.

Allorquando la vôlta deve essere fatta su una pianta rettangolare, invece della vôlta a padiglione, conviene adottare quella a botte con teste di padiglione.

258. **Genesi delle vôlte a crociera con unghie cilindroidiche e con unghie cilindriche.** — Essendo ABCDE (*fig.* 248) il poligono d'imposta collocato in un piano orizzontale, di forma qualunque e da coprirsi con una vôlta a crociera, prendasi verso il suo mezzo, o nel suo centro se è regolare, un punto F; innalzisi per questo punto una perpendicolare FG al piano contenente il detto poligono di lunghezza eguale alla monta che vuolsi assegnare alla vôlta; e descrivansi gli archi AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA rispettivamente posti nei piani verticali dei lati AB, BC, CD, DE

ed EA; tirinsi le rette FA, FB, FC, FD ed FE dividenti il poligono d'imposta in tanti triangoli quanti sono i suoi lati; descrivansi gli archi GA, GB, GC, GD e GE rispettivamente posti nei piani verticali AFG, BFG, CFG, DFG ed EFG, onde ottenere che siano linee piane tutte quelle secondo cui vengono ad intersecarsi due a due le superficie che nel loro assieme devono costituire l'intiero intrados della vôlta; si prendano in H, I, K, L ed M i punti di mezzo degli archi AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA; e coprasi il triangolo FAB colla superficie generata da una retta che si muove appoggiandosi prima alle curve AH e GA e poi alle curve HB e GB e che si conserva parallela al piano verticale passante per la retta GH. Un eguale sistema di generazione si adotti per definire le superficie curve coprenti i triangoli FBC, FCD, FDE ed FEA, prendendo rispettivamente per piani direttori i piani verticali passanti per le rette GI, GK, GL e GM.

Gli archi AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA si assumono generalmente mezze circonferenze di circolo; quasi sempre sono quarti di ellisse le curve GA, GB, GC, GD e GE e le diverse superficie curve GAHB, GBIC, GCKD, GDLE e GEMA, dal cui assieme risulta l'intiera superficie d'intrados della vôlta, verranno chiamate *unghie cilindroidiche*.

Quando gli archi AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA sono semi-ellissi aventi gli stessi semi-assi verticali ed eguali alla monta FG della vôlta, e quando sono quarti di ellisse tutte le curve AG, BG, CG, DG ed EG, le diverse parti di cui componesi l'intrados si chiameranno *unghie cilindriche*, giacchè appartengono a porzioni di superficie di cilindri aventi per direttrici gli archi AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA, e le loro generatrici rispettivamente parallele alle rette HG, IG, KG, LG ed MG unienti i mezzi delle accennate direttrici colla sommità della monta. Infatti, essendo AB e BC (*fig.* 249) i due lati successivi di un poligono posto in un piano orizzontale e da coprirsi con una vôlta a crociera, essendo F il piede della monta, FG la lunghezza di quest' ultima, NH ed OI due rette lunghe come FG e rappresentanti i due semi-assi verticali delle mezze ellissi AHB e BIC descritte rispettivamente sugli assi AB e BC, se immaginansi le due superficie cilindriche aventi per direttrici le accennate due semi-ellissi e le loro generatrici rispettivamente parallele alle rette HG ed IG, se tagliansi queste due superficie col piano verticale BFG, l'intersezione risultante su ciascuna di esse sarà un quarto di ellisse di semi-assi comuni FB ed FG eguali a quelli assunti nella costruzione del quarto di ellisse

BG, cosicchè la superficie generata da una retta moventesi sui quarti d'ellisse BH e BG e conservantesi parallela al piano verticale NHGF si confonde colla superficie cilindrica avente per direttrice il quarto d'ellisse BH e le sue generatrici parallele alla retta HG e quindi anche al piano verticale NHGF. Analogamente si dica per la superficie generata dalla retta che scorre sui due quarti d'ellisse BI e BG e conservantesi parallela al piano verticale OIGF, e per tutte quelle costituenti un'intiera vôlta a crociera.

Considerando un' unghia qualunque, come GAHB (*fig.* 248), si attribuirà il nome di *lunetta* alla superficie AHB, generalmente semicircolare, limitata dall'arco in cui termina l'unghia, si chiamerà *corda dell'unghia* la retta AB che è la corda dell'arco AHB della lunetta, e si dirà *monta dell'unghia* la perpendicolare GF calata dal suo *vertice* G sul piano d'imposta. Un'unghia la cui lunetta AHB sia un mezzo circolo e per cui la monta GF sia eguale alla metà della corda AB dicesi *a tutta monta*; chiamasi *a monta depressa* allorquando si ha che la monta GF è minore della metà della corda AB, e finalmente si appella *a monta rialzata* allorquando la monta GF è maggiore della metà della corda AB. Una vôlta a crociera poi si dirà *a tutta monta* o *a monta rialzata* secondo che tutte le sue unghie sono a tutta monta o a monta rialzata, e si dirà *a monta depressa* quando tutte o alcune o anche una sola delle unghie di cui si compone la vôlta è a monta depressa.

La superficie d'estrados della vôlta a crociera è del genere di quella d'intrados a cui ben di freqnente si costruisce parallela.

259. **Vôlta a crociera su pianta rettangolare con unghie cilindriche.** — La rappresentazione di una siffatta vôlta verrà data nella figura 250 mediante la proiezione su un piano orizzontale segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta, e mediante le sezioni prodotte dai due piani verticali VX ed YZ passanti pel vertice della vôlta ed assunti, il primo parallelo, ed il secondo perpendicolare al piano verticale di proiezione.

La proiezione orizzontale della superficie d'intrados sta per intiero nel rettangolo ABCD e le due diagonali AC e BD rappresentano le proiezioni orizzontali delle due mezze ellissi aventi per semi-asse verticale la monta della vôlta, le quali, unitamente alle altre quattro mezze ellissi orizzontalmente proiettate in AB, BC, CD e DA aventi pure per semi-assi verticali la monta, costituiscono

tutte le direttrici occorrenti all'intiera generazione della superficie d'intrados.

La sezione secondo il piano verticale VX risulta dal segnare in A'B' = AB la linea d'imposta, dal dividerla per mezzo in O_1', dall'elevare la perpendicolare $O_1'O'$ eguale alla monta, dal condurre per O' la orizzontale E'F', dal descrivere la mezza ellisse A'O'B', e finalmente dal disegnarvi quelle altre parti le quali rappresentano la sezione e la proiezione verticale dei piedritti e del masso murale formante il vôlto. La mezze unghie di proiezione orizzontale AEO e BFO hanno per rispettive proiezioni verticali i triangoli mistilinei A'E'O' e B'F'O', e l'unghia intiera di proiezione orizzontale ABO trova la sua proiezione verticale nella mezza ellisse A'O'B'.

La sezione prodotta dal piano verticale YZ è in tutto analoga a quella determinata dal piano verticale VX, e si compie essa prendendo per base di partenza la linea d'imposta B''C'' = BC ed operando su essa come si è fatto su A'B'.

260. **Genesi delle vôlte a crociera con unghie dette sferiche.** — Nelle vôlte a crociera a monta rialzata raramente si adotta il sistema di generazione di cui fu argomento al numero 258, e parmi che ben soddisfi alla condizione di facilità d'eseguimento quello che immediatamente si propone ragionando sulla figura 251, la quale supponesi rappresentare una vôlta a crociera insistente ad un poligono qualunque.

Essendo ABCDE il poligono d'imposta collocato in un piano orizzontale; essendo AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA delle mezze circonferenze di circolo descritte nei piani verticali dei lati AB, BC, CD, DE ed EA coi diametri eguali ai detti lati; essendo F il punto preso verso il mezzo del poligono ABCDE o nel suo centro, se è regolare, onde poter innalzare la perpendicolare FG al piano d'imposta lunga come la monta della vôlta, ed onde poter tirare le rette FA, FB, FC, FD ed FE scomponenti il poligono proposto in triangoli; essendo AG, BG, CG, DG ed EG altrettanti quarti di ellisse aventi tutti per semi-asse comune la monta FG; e finalmente essendo HG, IG, KG, LG ed MG altrettanti archi, generalmente circolari, passanti pel punto G, colle tangenti orizzontali in questo punto e passanti rispettivamente pei punti di mezzo H, I, K, L ed M delle mezze circonferenze AHB, BIC, CKD, DLE, ed EMA: per generare l'unghia coprente il triangolo AFB s'immagini un arco di circolo di forma variabile il quale si muova in un piano verticale parallelo al piano della lunetta AHB e passando pei tre punti in cui questo piano taglia le

tre curve GH, GA e GB; analogamente la superficie dell'unghia coprente il triangolo BFC si faccia pure risultare dal movimento di un arco circolare di forma variabile in un piano verticale parallelo a quello della lunetta BIC, e determinato in ciascuna sua posizione dai tre punti in cui il piano nel quale esso si trova taglia le curve GI, GB e GC; e collo stesso metodo si immaginino fatte le altre unghie coprenti i triangoli CFD, DFE ed EFA, le quali, unitamente alle due prime, costituiscono l'intiera superficie d'intrados della vòlta.

Un altro sistema di generazione delle unghie dette sferiche è il seguente: essendo AFB (*fig.* 252) un triangolo il quale fa parte di un poligono qualunque da coprirsi con una vòlta a crociera, si descriva nel piano verticale del lato AB la mezza circonferenza di circolo AHB, nei piani AFG e BFG si traccino rispettivamente i due quarti di ellisse AG e BG col semi-asse comune FG eguale alla monta della vòlta, e si faccia scorrere la mezza circonferenza AHB in modo da conservarsi il suo piano parallelo alla sua posizione iniziale AHB ed in modo da conservarsi sempre orizzontale là tangente nel suo punto di mezzo; le successioni delle parti di questa mezza circonferenza che rimangono intercette fra i due quarti d'ellisse AG e BG costituiscono una superficie di facile esecuzione nella pratica e che può assumersi siccome quella dell'unghia coprente il triangolo AFB.

Mediante vòlte a crociera si possono anche coprire delle figure piane a contorno curvilineo, ed essendo AFB (*fig.* 253) un triangolo mistilineo costituente una delle parti in cui venne scomposta una di tali figure, ecco come può essere generata l'unghia corrispondente: si tiri la corda AB e descrivasi sovr'essa nel suo piano verticale una mezza circonferenza di circolo AH'B; si immagini la superficie cilindrica avente per direttrice questa circonferenza e le sue generatrici perpendicolari al piano della circonferenza medesima, trovisi l'intersezione AHB della definita superficie cilindrica coll'altra a generatrici verticali avente per direttrice la curva AQB, e nei piani verticali AFG e BFG si descrivano i due quarti di ellisse AG e BG; fatto questo, s'immagini che la curva sghemba AHB si muova in modo da conservarsi sempre in superficie cilindriche, a generatrici verticali e parallele a quella sopra definita di direttrice AB, ed in modo da passare sempre pei due punti in cui dette superficie cilindriche tagliano i due quarti di ellisse GA e GB: le successive parti di detta curva sghemba che rimangono intercette fra i due quarti di ellisse GA

e G B costituiscono la superficie che può essere assunta siccome quella formante l'unghia che copre il triangolo mistilineo A F B.

La superficie d'estrados delle vôlte con unghie sferiche è affatto analoga a quella d'intrados.

261. **Vôlta a crociera su pianta rettangolare con due unghie cilindriche e con due unghie sferiche.** — La proiezione orizzontale della superficie d'intrados di questa vôlta su un piano segante i suoi piedritti parallelamente al piano d'imposta si riduce al rettangolo A B C D (*fig.* 254) attraversato dalle due diagonali A C e B D, le quali rappresentano le proiezioni orizzontali di due semi-ellissi aventi gli assi maggiori eguali alle diagonali stesse, ed il comune semi-asse minore eguale alla metà del lato più lungo A B dell'accennato rettangolo.

La sezione secondo il piano verticale V X passante pel vertice della vôlta, parallelo ai due lati di maggior lunghezza del rettangolo A B C D non che al piano verticale di proiezione, risulta dalla seguente costruzione: segnata colla orizzontale xy la traccia verticale del piano d'imposta, proiettisi il punto O in O_1' e prendasi $O_1'A' = O_1'B' = 1/2$ A B; su A'B' come diametro descrivasi la semi-circonferenza A'O'B'; sulle verticali passanti per A' e per B' portinsi A'E' e B'F' ambedue eguali ad $1/2$ A D; descrivasi l'arco circolare passante pei tre punti E', O', ed F', il quale costituisce le due direttrici di mezzo degli archi di forma variabile che nel loro muoversi parallelamente al piano verticale A D devono generare le due unghie sferiche; e finalmente segninsi le altre linee necessarie alla rappresentazione dei piedritti e del masso murale componente il vôlto. Le due unghie cilindriche sono quelle coprenti i triangoli A O B e C O D, e le due unghie sferiche insistono ai triangoli A O D e B O C. Nella sezione secondo il piano verticale V X è rappresentata la metà della superficie d'intrados: (A O B, A'B'O') è un'unghia cilindrica; (A O E, A'O'E') e (B O F, B'O'F') sono due mezze unghie sferiche.

La sezione secondo il piano verticale Y Z passante pure pel vertice della vôlta e perpendicolare al piano verticale V X si ottiene: conducendo al livello del piano d'imposta la orizzontale B''C'' = B C; dividendola per mezzo in O_1''; prendendo la verticale $O_1''O'' = O_1'O'$; descrivendo la semi-circonferenza B''F''C'' e la semi-ellisse B''O''C''; tirando per O'' la orizzontale G''H'' limitata alle due verticali passanti per B'' e C''; e finalmente designando quanto occorre alla completa rappresentazione della vôlta. In B''F''C''O'' è rappresentata l'unghia sferica orizzontalmente proiettata in B O C; B''O''G'' e C''O''H''

rappresentano le due mezze unghie cilindriche le cui proiezioni orizzontali sono rispettivamente BOG e COH.

Se gli archi generatori delle unghie sferiche non si vogliono prendere di raggio variabile, ma di raggio costante eguale alla metà del lato di minor lunghezza del rettangolo ABCD (*fig.* 255) da coprirsi colla vôlta a crociera, si traccino le due diagonali AC e BD rappresentanti le proiezioni orizzontali dei due spigoli che presenta la superficie d'intrados, e si seguino sullo spaccato secondo il piano verticale VX la linea d'imposta A'B' = AB, la mezza circonferenza A'O'B' e le verticali A'E' e B'F' ambedue eguali ad 1/2 AD. Dopo ciò si descrivano sullo spaccato secondo il piano YZ la linea d'imposta B''C'' = BC, la mezza circonferenza B''F''C'', le verticali B''G'' e C''H'' ambedue eguali ad 1/2 AB, l'orizzontale G''H'' e la mezza ellisse B''O''C''. In B''G''H''C''F'' trovasi rappresentata la mezza superficie d'intrados della vôlta, nel triangolo curvilineo B''F''C''O'' si ha l'unghia sferica orizzontalmente proiettata in BOC e nei due triangoli mistilinei B''O''G'' e C''O''H'' si hanno le due mezze unghie cilindriche di proiezioni orizzontali BOG e COH. — Per completare lo spaccato secondo il piano VX bisogna trovare la curva passante pei tre punti E', O' ed F', rappresentante l'intersezione della superficie d'intrados col detto piano, composta di due parti eguali orizzontalmente proiettate in FO ed EO. Perciò, rammentando che la parte la quale va da F' in O' è la curva generata dal punto (F, F') della mezza circonferenza (BC, B'F') moventisi parallelamente al piano verticale BC in modo da appoggiare ai due quarti di ellisse orizzontalmente proiettati in CO e BO, si considererà sul piano orizzontale di proiezione la mezza circonferenza generatrice in una sua posizione *mn*, si troverà la posizione corrispondente sullo spaccato secondo il piano verticale YZ prendendo $O_1''a_1'' = O_1''b_1'' = ca = cb$, si segneranno le ordinate $a_1''a''$ e $b_1''b''$ della mezza ellisse B''O''C'' e si descriverà la semi-circonferenza passante pei due punti a'' e b'' e con raggio $o''a'' = 1/2$ BC. Questa mezza circonferenza taglierà in c'' la verticale $O_1''O''$, e si avrà in $O_1''c''$ l'ordinata o l'altezza sul piano d'imposta del punto di mezzo della semi-circonferenza generatrice considerata nel piano verticale *mn*. Prendendo $O_1'a_1' = Oc$ e la verticale $a_1'a' = O_1''c''$ si ha in a' un punto della curva intersezione dalla superficie dell'unghia sferica di proiezione orizzontale BOC col piano VX; portando $O_1'd_1' = O_1'a_1'$ e $d_1'd' = O_1''c''$ si ottiene in d' un punto dell'intersezione dello stesso piano VX coll'unghia di proiezione orizzontale ADO; e precedendo analoga-

mente si possono trovare quanti altri punti si vogliono della curva E′O′F′. Nella semi-circonferenza A′O′B′ è rappresentata l'intiera unghia cilindrica coprente il triangolo AOB, e nei triangoli mistilinei A′O′E′ e B′O′F′ sono rispettivamente rappresentate le mezze unghie sferiche di proiezioni orizzontali AOE e BOF.

262. **Vôlta a crociera su pianta rettangolare con tutte le unghie sferiche**. — Allorquando la monta della vôlta a crociera su pianta rettangolare vuolsi assumere maggiore della metà del lato più lungo dell'area da coprirsi, conviene generalmente di costituire la sua superficie d'intrados con quattro unghie sferiche generate col primo o col secondo dei due metodi che vennero esposti al numero 260.

Nella figura 256, mediante la proiezione su un piano orizzontale segante i piedritti parallelamente al piano d'imposta, e mediante lo spaccato secondo il piano verticale VX passante pel vertice della vôlta e parallelo alle interne pareti di due piedritti opposti, è rappresentata una vôlta a crociera con quattro unghie sferiche ad arco generatore variabile. L'unghia coprente il triangolo AOB è rappresentata sullo spaccato nel triangolo curvilineo A′O′B′ e gli altri due triangoli mistilinei A′O′E′ e B′O′F′ rappresentano rispettivamente le due mezze unghie orizzontalmente proiettate in AOE e BOF. L'arco circolare E′O′F′ si determina prendendo A′E′ = B′F′ = 1/2 AD ed $O_1'O'$ eguale alla monta della vôlta, e l'arco ad esso analogo delle altre due unghie rimane fissato dai punti più alti delle due mezze circonferenze orizzontalmente proiettate in AB e CD e dalla sommità (O, O′) della monta.

263. **Vôlte lunulate**. — Si chiamano in generale *vôlte lunulate* quelle a botte, a bacino, a conca, a padiglione, a botte con teste di padiglione, a schifo, la cui superficie d'intrados è interrotta da unghie cilindriche o cilindroidiche o sferiche poste in luogo di altrettanti fusi tolti dalla superficie d'intrados delle accennate vôlte.

La figura 257 rappresenta una vôlta a botte con teste di padiglione lunulata mediante la mezza proiezione orizzontale sul piano d'imposta e mediante lo spaccato secondo il piano verticale YZ passante pei due punti di mezzo dei lati di minor lunghezza della ricoperta area rettangolare. Sullo spaccato è rappresentata in A′G′H′B′ la metà della superficie d'intrados della vôlta a botte con teste di padiglione, e le unghie, che la interrompono e che si suppongono tutte eguali e cilindroidiche, risultano fatte come immediatamente si indica ragionando su quella che copre la figura triangolare MNO.

Preso il punto U come proiezione orizzontale del centro della

lunetta corrispondente all'unghia che vuolsi costrurre, e condotta la retta UV perpendicolare alla parete AB sulla quale deve trovarsi l'accennata lunetta, si segnino i due punti M ed O equidistanti da U in modo da risultare in MO la corda dell'unghia da farsi, e quindi scelgasi un punto N sulle retta UV. Fatto questo, si considerino le rette MN ed ON siccome le tracce orizzontali di due piani verticali i quali taglieranno l'intrados della vôlta a botte con teste di padiglione secondo due curve, che saranno archi ellittici quando siano a direttrici circolari o a direttrici ellittiche le superficie cilindriche costituenti il detto intrados, e si immagini la superficie dell'unghia siccome generata da una linea retta che si muove parallelamente al piano verticale UV, appoggiando al quarto di circonferenza ed alla curva di rispettive proiezioni orizzontali MU ed MN, e quindi al quarto di circonferenza ed all'altra curva a cui corrispondono le proiezioni orizzontali OU ed ON. Onde descrivere sulla proiezione verticale dello spaccato secondo il piano YZ la definita unghia cilindroidica, si incominci dal proiettare sulla linea d'imposta ed in M′ e O′ i due punti M e O, e si descriva la semi-circonferenza di diametro M′O′. Dopo di ciò cerchisi dove cade il vertice dell'unghia: per raggiungere lo scopo si immagini il piano verticale UV siccome segante la superficie d'intrados della vôlta a botte con teste di padiglione; la mezza curva d'intersezione, che supponesi un quarto di circonferenza di circolo, si ribatta sul piano orizzontale di proiezione in UX; si segni l'ordinata NN_1 di detta curva; e si porti perpendicolarmente alla linea d'imposta in $N_1'N'$ sul mezzo di M′O′. Bisogna ora tracciare le due curve direttrici dell'unghia orizzontalmente proiettate in MN ed ON; perciò, preso sulla ON un punto a, si osservi che supponendolo collocato sulla superficie d'intrados della vôlta a botte con teste di padiglione, avrà per altezza sul piano d'imposta l'ordinata bb_1, per cui si troverà la corrispondente proiezione verticale prendendo $N_1'a_1' = ba$ e portando perpendicolarmente alla linea d'imposta $a_1'a' = bb_1$. Il punto c' si determina col prendere $N_1'c_1' = N_1'a_1'$ e $c_1'c' = a_1'a'$.

Le intersezioni del piano segante YZ colle unghie le cui metà trovansi orizzontalmente proiettate in ILE ed STF sono rispettivamente due rette E′L′ ed F′T′ che si determinano proiettando i due punti L e T in L′ e T′ e prendendo le due verticali A′E′ e B′F′ ambedue eguali ad EI = SF.

264. **Vôlte a fascioni.** — La genesi delle vôlte a fascioni può essere spiegata immaginando: che sulla superficie da ricoprirsi già insista l'intrados di una vôlta la quale, a seconda della figura di

detta superficie, può essere a botte, a conca, a padiglione, a botte con teste di padiglione, a schifo, a bacino; che sul poligono d'imposta siano segnate tante linee in modo che sollevando per esse dei piani verticali vengano a tagliare la superficie d'intrados secondo zone; che tanti solidi arconi appoggiati ai piedritti e con vicendevole contrasto fra di loro siano gettati su queste zone, e che dagli spazi non coperti dagli arconi vengano tolte le parti corrispondenti di vôlta primitiva per sostituirvi delle convenienti vôlte a cui servano di piedritti i fascioni non che i muri contro i quali essi appoggiano.

Nella figura 258 si ha la proiezione orizzontale sul piano d'imposta e lo spaccato secondo la spezzata DEFB di una vôlta a fascioni su pianta rettangolare supposta generata nel seguente modo: sul rettangolo ABCD s'immaginò insistervi una vôlta a padiglione cogli spigoli aventi le loro proiezioni orizzontali AC e BD; sul poligono d'imposta si supposero tirate le due rette GI ed HK parallele ai due lati di maggior lunghezza del detto rettangolo e da quelli equidistanti, non che le altre due LN ed MO parallele ed equidistanti dai lati di minor lunghezza del medesimo rettangolo e talmente spaziate fra loro da essere LM = GH; si considerarono le rette GP, HE, FI e QK non che le altre LP, MF, OQ ed NE siccome le tracce orizzontali di tanti piani verticali innalzati fino a tagliare la già definita vôlta a padiglione; nella parte di questa vôlta la quale copre la superficie cruciforme GPLMFIKQONEH s'immaginarono costrutti come due arconi appoggiati ai muri circostanti al rettangolo da coprirsi; e finalmente si giudicò di coprire le quattro aree rettangolari AGPL, BIFM, KQOC e DHEN mediante vôlte a padiglione aventi il loro piano d'imposta al di sopra dei punti più alti esistenti sull'intrados di detti arconi.

Per trovare lo spaccato secondo i piani verticali di tracce DE, EF ed FB si adottò il seguente metodo: segnata in D'B' la linea d'imposta, si proiettarono su essa i punti H, G, L, M e V in H', G', L', M' e V_1'; si prese dopo la verticale $V_1'V'$ eguale alla monta della vôlta, assunta pari alla metà di MO; si proiettarono i punti E, P ed F in E_1', P_1' ed F_1'; si osservò che i punti della vôlta a padiglione aventi per proiezioni orizzontali i detti punti E, P ed F hanno sul piano d'imposta altezze eguali all'ordinata FF_1 presa nella curva sezione retta della superficie cilindrica costituente il fuso che copre il triangolo AVB; si portò verticalmente la detta ordinata in $E_1'E'$, $P_1'P'$ ed $F_1'F'$; e si ebbero così rispettivamente in H' ed E', in G' e P', in L' e P' ed in M' ed F' gli estremi delle

curve proiettate sul piano d'imposta in HE, GP, LP ed MF. La curva di estremi H′ ed E′ e quella di estremi G′ e P′ sono archi di ellissi i cui assi orizzontali sono eguali alla proiezione di HK sulla D′B′ cogli estremi in H′ e G′ ed i cui semi-assi verticali sono lunghi come la monta $V_1'V'$; le altre due curve poi di estremi L′, P′ ed M′, F′ sono pure archi ellittici di assi orizzontali eguali alla proiezione di MO su D′B′ cogli estremi in M′ ed L′ e di semi-assi verticali pure eguali alla monta $V_1'V'$. In Φ e Φ_1 si vedono di fianco i massi costituenti due mezzi fascioni; ed in Π e Π_1 sono rappresentate le metà delle due vôlte a padiglione che coprono i rettangoli DHEN e BMFI.

Nella figura 259 si ha in proiezione orizzontale una delle varie disposizioni che si possono dare ai fascioni per una vôlta su pianta ottagona prendendo per loro superficie d'intrados quella della vôlta a bacino coprente il circolo di diametro AC; e nella figura 260 si rappresenta una delle disposizioni convenienti al caso in cui vuolsi che appartenga ad una vôlta a padiglione la detta superficie d'intrados.

265. **Vôlte a cupola composta**. — Queste vôlte risultano generalmente dalla combinazione di una vôlta a vela coprente un quadrato e troncata con un piano orizzontale passante al di sopra dei suoi quattro archi perimetrali, di una parte cilindrica di qualche altezza avente per base la detta sezione fatta nella vôlta a vela, e di una vôlta a bacino insistente sulla base superiore dell'accennata superficie cilindrica. — Talvolta si sostituisce alla parte cilindrica una parte prismatica ottagonale, ed allora la vôlta a bacino si riduce ad una vôlta a padiglione, e la linea secondo cui vien tagliata la vôlta a vela diventa il perimetro di un ottagono sghembo i cui otto lati sono le intersezioni della vôlta a vela coi piani verticali costituenti le interne pareti della parte prismatica ottagonale.

Nella figura 261 si ha la mezza proiezione orizzontale sul piano d'imposta e la sezione secondo il piano verticale YZ di una vôlta a cupola composta coll'intrados costituito da una parte di vôlta a vela sferica, dalla superficie convessa di un cilindro retto e da una vôlta a bacino pure sferica. La vôlta a vela venne troncata col piano orizzontale di traccia A′B′; la sezione circolare risultante nel suo intrados è per metà rappresentata in (ACB, A′B′); e (ADC, A′D′C′) e (BEC, B′E′C′) rappresentano l'intrados delle due parti di mezza vôlta a vela che vennero conservate e conosciute col nome di *angoli peducci* o anche di *pennacchi* della cupola. La parte cilindrica, che prende il nome di *tamburo*, ha la metà della sua super-

ficie interna rappresentata in (ACB, $A'B'B_1'A_1'$), e la sua base superiore, rappresentata per metà nel semi-circolo (ACB, $A_1'B_1'$) è quella che serve come piano d'imposta per la vôlta a bacino.

Nella figura 262 è rappresentata una mezza vôlta a cupola composta coll'intrados costituito da una parte di vôlta a vela, dalla superficie laterale di un prisma avente per sezione retta un ottagono e da una vôlta a padiglione. L'interna superficie del mezzo tamburo proiettasi orizzontalmente nel semi-perimetro di ottagono regolare ABCDEF, e due pennacchi hanno la loro superficie d'intrados in (BGC, B'G'C') e (EHD, E'H'D'). La metà del tamburo è rappresentata in (ABCDEF, $B'C'D'E'F_1'A_1'$), ed in (ABCDEF, $A_1'V'F_1'$) la mezza vôlta a padiglione. — Per descrivere la curva D'L'E' che in proiezione verticale limita superiormente i pennacchi, si osserva che, questa curva è un arco circolare appartenente alla mezza circonferenza Kll di diametro KI, che le ordinate corrispondenti ai punti orizzontalmente proiettati in D, L ed E sono Dd, Ll ed Ee, che proiettando sulla linea d'imposta in D_1', L_1' ed H' i tre punti D, L ed E e prendendo le verticali $D_1'D' = Dd$, $L_1'L' = Ll$ e $H'E' = D_1'D' = Ee$, si ottengono in D' ed E' i due estremi di detta curva ed in L' il suo punto di mezzo. Per avere la proiezione verticale di un punto qualunque orizzontalmente proiettato in a si segnerà nel semicircolo Kll l'ordinata ab, si proietterà sulla linea d'imposta a in a_1' e si prenderà $a_1'a' = ab$.

ARTICOLO III.

Armature delle vôlte.

266. **Armature delle vôlte e loro distinzione in armature per vôlte sottili ed in armature per vôlte grosse.** — Le vôlte, siccome già si è detto al numero 220, durante la loro esecuzione e fino ad essere chiuse ed assodate in modo da potersi mantenere in equilibrio da se medesime, devono ricevere forma e sostegno da ben combinati sistemi resistenti, chiamati dai costruttori col nome di *armature*, che generalmente si fanno in legname, e che in alcune circostanze vennero anche costrutte in ghisa. Qualsiasi armatura deve superiormente presentare una superficie curva identica a quella dell'intrados della vôlta progettata, e deve essere composta di membri così forti e così bene connessi che la figura di detta superficie non possa alterarsi sotto il carico ognor crescente delle parti laterali

della vôlta che su essa si vanno appoggiando di mano in mano del progresso della costruzione. Segue da ciò che si possono distinguere nell'armatura di una vôlta qualunque due parti principali: una resistente risultante da ben combinata connessione di robusti membri detta *centinatura* o *incavallatura*, e composta di più parti dette *centine* o *cavalletti*; e l'altra completiva sostenuta dalla prima e destinata a somministrare superiormente l'anzidetta superficie curva sulla quale deve appoggiare il vôlto e che può chiamarsi col nome di *manto*.

Per la costruzione delle vôlte sottili (num. 218), le quali risultano poco pesanti, si adottano ordinariamente le centine di tavole nella formazione della parte resistente delle armature, e sopra dette centine si costruisce il manto con tavole chiodatevi per lungo; ovvero anche talvolta con un semplice strato ricurvo di canne, coperto al di sopra d'un leggiero intonaco di terra stemperata nell'acqua.

Per la costruzione delle vôlte grosse (num. 218) sono generalmente necessarie più robuste armature, ed i *cavalletti* si formano con travi in modo che ciascuno di essi costituisca un solido sistema triangolare o poligonale. Onde far sì che la parte superiore dei cavalletti presenti la necessaria convessità, si pongono sopra le travi perimetrali dei pezzi completivi di legno tagliati a bella posta colla voluta curvatura, ed ai quali si può dare il nome di *forme*, ovvero di *curve*. Il manto si fa con tavole o con tavolòni allorquando la vôlta deve essere costrutta con materiali piccoli, e può essere di travetti o *dossali* posti a conveniente distanza l'uno dall'altro nella struttura delle vôlte in pietra da taglio.

267. Centine per l'armamento di vôlte sottili. — Le centine, che ordinariamente impiegansi onde comporre la parte resistente delle armature per vôlte sottili, sono archi formati di tavole riunite in grossezza ed in lunghezza, tagliate in modo che le centine acquistino le determinate curvature nella parte convessa e tenute assieme con chiodi. La figura 263 rappresenta in elevazione una centina circolare formata di due ordini di tavole sovrapposte.

Secondo i precetti di Philibert Delorme, le tavole componenti le centine possono avere la lunghezza di metri 1,30, e la loro larghezza e grossezza devono variare giusta la maggiore o minore corda dell'arco secondo cui sono foggiate le centine stesse. Le tavole con larghezza di metri 0,217 e con grossezza di metri 0,027 convengono per corde di metri 7,80; quelle larghe metri 0,271 e grosse metri 0,041 tornano utili per corde di metri 11,70, per corde di metri 19,50, 29 e 35 possono valere tavoloni aventi costantemente

la larghezza di metri 0,352 ed i rispettivi spessori di metri 0,054, 0,078 e 0,081.

Le centine di cui si è parlato vengono costrutte preparandosi sul terreno una superficie piana e per quanto si può orizzontale, descrivendo su detta superficie in grandezza naturale la curva secondo cui superiormente deve esser foggiata la centina, e tagliando i diversi pezzi di tavole in modo che, disponendoli al sito che loro spetta, vengano precisamente ad adattarsi colla loro parte convessa a detta curva. Una volta preparati tutti i pezzi che devono comporre un'armatura, si procede al loro inchiodamento.

268. **Disposizione delle armature da impiegarsi nella costruzione delle principali vôlte sottili.** — Le centine da impiegarsi nella formazione di un'armatura per vôlta sottile, dipendentemente dalla genesi della superficie d'intrados di questa vôlta, saranno uguali o disuguali fra di loro; ed in ogni caso dovranno essere di tal forma e presentare superiormente tal curvatura che, collocate a posto, convenientemente connesse e coperte dal manto, venga la superficie superiore di questo a presentare quella superficie che ad opera finita deve avere l'intrados della vôlta qualora, a misura del progresso della costruzione, si distenda su esso uno strato di terra o di sabbia ben battuta e ben regolarizzata alto da metri 0,03 a metri 0,05. Generalmente le centine si dispongono a distanza di metri 0,50 ad 1 l'una dall'altra a norma della maggiore o minore loro lunghezza; si mantengono a posto appoggiandole a punti fissi presi sui piedritti o somministrati da architravi di legno posti a bella posta aderenti ai muri e sostenuti da opportuni ritti, e da puntelli verticali; si assicurano con varii ordini di sbadacchi interposti affinchè non abbiano a declinare dalla posizione verticale, e quindi sopra si costruisce il manto con tavole chiodate per lungo. Qualora la parte interna della vôlta debba essere ornata di cassettoni, si disegnano i divisati compartimenti sul manto, con regoli, con tavole e anche talvolta con sabbia bagnata di latte di calce si costruiscono sui detti compartimenti i lavori in rilievo corrispondenti a quelli d'incavo che dovranno essere al disotto della vôlta. Con questo semplice artifizio si ottiene che nel costruire la vôlta venga a stamparsi, per così dire, in essa il compartimento, il quale poscia si perfeziona intonacando le superficie e formando le modanature e gli ornati che sono richiesti pel compimento del progetto.

Nel fare le armature per vôlte a botte rette (num. 231 e *fig.* 225) e per vôlte a botte rampanti (num. 233 e *fig.* 227) si dispongono due centine presso i piani di testa e le altre parallelamente ai detti

piani. Per le vôlte a botte sbieche (num. 232, e *fig.* 226) alcuni costruttori collocano le centine parallelamente ai piani di testa ed alcuni altri le pongono normalmente alle linee d'imposta; cosicchè, essendo ABCD (*fig.* 264) l'area parallelogrammica da coprirsi con una vôlta a botte, incominciano gli ultimi dal disporre delle centine intiere corrispondenti alla parte di vôlta coprente il rettangolo FBED e quindi costruiscono e pongono a sito le parti di centine proiettate in *ab* e *dc*, *a'b'* e *c'd'* necessarie onde poter protendere la vôlta a botte fino a coprire i due triangoli AFD e CEB. Il manto si fa con tavole disposte colla loro lunghezza nel senso delle generatrici.

Le vôlte a collo d'oca (num. 234, e *fig.* 228) si armano in modo analogo alle vôlte a botte; le centine si foggiano superiormente secondo la direttrice AFE della superficie d'intrados, e le tavole componenti il manto si dispongono colla loro lunghezza nel senso delle generatrici.

L'armamento di una vôlta anulare (num. 235, e *fig.* 229) è anche poco diverso da quello delle vôlte a botte, e le centine si dispongono nel senso di archi generatori della superficie d'intrados in modo che le distanze orizzontali delle loro sommità siano comprese fra metri 0,75 e 1. Onde ottenere che il manto sempre più si approssimi a presentare superiormente la superficie d'intrados di una vôlta anulare, ben soventi si usa di porre fra mezzo ad ogni coppia di centine intiere delle mezze centine poste sul piedritto esteriore, le tavole si tagliano a pezzi estendentisi orizzontalmente da una centina all'altra.

Le vôlte elicoidali (num. 236, e *fig.* 230) o si fanno con pietre regolarmente tagliate, che si fermano nei muri fra i quali le vôlte devono essere costrutte, ed allora non abbisognano di armature per essere sostenute durante la loro costruzione, oppure si fanno in piccoli materiali, nel qual caso sono ordinariamente di portata così piccola da bastare al loro armamento delle semplici tavole di piccola larghezza appoggiate orizzontalmente ai muri sui quali le vôlte devono essere costrutte fra le eliche B'A' ed E'D' e disposte in modo che, convenientemente coperte da uno strato di sabbia, somministrino le richieste superficie elicoidali.

Le armature per vôlte anulari ed elicoidali (num. 237 e *fig.* 231) sono in tutto analoghe a quelle delle vôlte anulari, salvo che le centine, invece di trovarsi colle loro imposte su un medesimo piano orizzontale si trovano su due eliche B'A' ed E'D' di egual passo

descritte l'una sulla superficie del piedritto interno e l'altra sulla superficie del piedritto esterno.

Nelle armature per vôlte coniche (num. 238 e *fig.* 232) due centine si dispongono presso i piani di testa BC ed AD e le altre parallelamente ai detti piani, e quindi risultano tutte disuguali e ciascuna presenta superiormente una curvatura che si determina trovando l'intersezione del piano verticale, nel quale vuole essere disposta, colla superficie d'intrados della vôlta progettata, ossia, per parlar più precisamente, con una superficie parallela a quella d'intrados e distante da questa dello spessore delle tavole che devono costituire il manto. La distanza fra le diverse centine suol essere quella stessa che si adotta nella formazione delle armature per vôlte a botte, ed il manto si forma con tavole piuttosto ristrette e disposte col loro asse nel senso di generatrici della superficie conica di cui le curve che superiormente presentano le centine sono altrettante direttrici.

Analoghe alle armature delle vôlte coniche sono quelle che convien impiegare per la costruzione delle vôlte conoidiche (num. 239 e *fig.* 233). Bisogna incominciare dal foggiare due centine secondo le due curve proiettate orizzontalmente in BD ed AC, e limitanti la vôlta conoidica da costruirsi; qualora la loro distanza sia tale da eccedere le distanze a cui ordinariamente soglionsi collocare le centine, è indispensabile di costrurre altre centine presentanti superiormente le curve che nascono tagliando rispettivamente la superficie d'intrados della vôlta con piani verticali condotti nel sito in cui le centine devono essere disposte, e su queste centine adattare il manto di tavole in modo che gli assi di queste ultime siano dirette secondo altrettante generatrici della superficie conoidica.

Per armare una vôlta con strombature (num. 240 e *fig.* 234) si incomincierà dall'elevare, alle convenienti altezze e nei quattro piani verticali passanti pei lati del trapezio ABCD che si deve coprire, quattro centine foggiate come le quattro curve (BC, B'N'C'), (AD, $A_1'D_1'$), (BA, $B'A_1'$) e (CD, $C'D_1'$) limitanti detta vôlta. Trovandosi troppo distanti le due centine insistenti ai lati paralleli BC ed AD dell'indicato trapezio, si costruiranno altre centine da porsi fra queste in piani verticali paralleli ad AD, e si determineranno le curve secondo le quali vanno esse foggiate, trovando prima le intersezioni della superficie d'intrados della vôlta con piani verticali paralleli ad AD condotti nel sito in cui le centine da farsi devono essere messe in opera. Le tavole formanti il manto si disporranno sulle centine in modo che gli assi delle loro facce superiori siano diretti

secondo generatrici della superficie sghema costituente l'intrados della vôlta.

Per una vôlta a bacino (num. 242 e 243, e *fig*. 235 e 236) la centinatura è formata da un numero sufficiente di costole o mezze centine le quali, partendo dal vertice e giacendo ciascuna in un piano passante per la saetta, giungono all'imposta della vôlta. — Per la vôlta a bacino su pianta circolare e per la costruzione di una notevole sua parte, si può far uso di armature mobili, le quali saranno formate da più costole o mezze centine costituenti un sistema girevole intorno ad un asse diretto secondo la monta, e coperte da tavole in modo da ottenersi un manto presentante superiormente la superficie di un fuso. Queste vôlte si elevano per successivi anelli ed alla detta armatura si fa dare un intiero giro ad ogni anello che viene costrutto. Quando si arriva verso la sommità delle vôlte a bacino i giunti di posa vengono a presentare una notevole inclinazione all'orizzonte, i materiali formanti ciascun anello non sono in posizione da mantenersi a posto prima della costruzione dell'anello intiero, e per conseguenza riescono insufficienti le indicate armature mobili.

L'armatura per una vôlta a conca (num. 244 e *fig*. 237) si può combinare disponendo una prima centina nel piano verticale FE foggiata superiormente secondo la curva $E' O_1' F'$ e collegandovi dopo un numero impari di coppie di costole o mezze centine disposte in piani verticali paralleli a BC a distanze eguali e presentanti superiormente le curve elittiche corrispondenti alle sezioni fatte nella vôlta dai piani verticali in cui dette coppie di mezze centine devono essere disposte.

Per una vôlta a vela sferica (num. 246 e *fig*. 238) si compongono generalmente le armature riunendo al vertice tante mezze centine partenti dagli angoli del poligono d'imposta quanto sono gli angoli stessi, ponendo delle centine intiere in corrispondenza dei lati di detto poligono accomodate alla curvatura che devono presentare gli archi che limitano la superficie d'intrados, e finalmente collegando a dette armature delle costole giacenti ciascuna in un piano verticale condotto pel vertice della vôlta.

Il sistema di armamento che conviene per le vôlte a vela sferiche non è adatto ad armare le vôlte a vela anulari (num. 247 e *fig*. 239). Per queste, disposte due centine foggiate superiormente secondo la mezza circonferenza A'E'B' contro le due pareti orizzontalmente proiettate in AB e DC e due altre accomodate alla curvatura dell'arco F''H''E'' contro le due pareti di proiezioni oriz-

zontali BC ed AD, si collocheranno due centine mediane nei piani verticali YZ e VX presentanti rispettivamente le due curve $F_1''O_1''E_1''$ e $A_1'O_1'B_1'$ e quindi vi si collegheranno tante costole situate in piani verticali paralleli al piano VX. Il manto, onde ottenere che la sua superficie superiore si approssimi, per quanto è possibile, alla vera superficie geometrica che deve presentare l'intrados, va eseguito con corti pezzi di tavole, ed è col distendervi sopra uno strato di sabbia che si arriva a togliere quelle irregolarità che naturalmente verrebbe a presentare qualora fosse formato di sole tavole.

Dovendosi armare una vôlta a vela su pianta rettangolare come quella stata descritta al numero 248 e rappresentata colla figura 243, conviene innanzi tutto disporre, al conveniente sito contro le pareti orizzontalmente proiettate in AB, BC, CD e DA, quattro centine tagliate al di sopra secondo mezze circonferenze, di diametri eguali alle lunghezze delle rette ora indicate, diminuite del doppio spessore delle tavole che devono costituire il manto. Fatto questo, si collocheranno due centine mediane nei piani verticali EF ed LH foggiate secondo gli archi circolari che si ottengono tagliando la superficie d'intrados della vôlta coi detti piani; e finalmente parallelamente al piano verticale BC si disporrà quel numero di costole fra le tre centine elevate in corrispondenza di AB, EF, DC, che si crede indispensabile per ottenere nella superficie superiore del manto, da cui viene coperta tutta la centinatura, una superficie che molto si approssimi a quella geometrica stata definita nel già citato numero 248.

Per ben armare una vôlta a padiglione (num. 250 e *fig.* 240) si collocano prima tante mezze centine quanti sono i lati del poligono da coprirsi, tutte concorrenti nel vertice G, disposte in piani verticali perpendicolari ai lati AB, BC, CD, DE ed EA del poligono d'imposta, e foggiate secondo le curve analoghe a GH contenute in piani verticali passanti per G, rispettivamente perpendicolari ai detti lati del poligono d'imposta. Si pongono dopo altre mezze centine radiali che dipartendosi pure dal vertice vadano agli angoli A, B, C, D ed E del detto poligono; e quindi, se fa d'uopo, con un numero sufficiente di costole parallele rispettivamente alle prime centine ed appoggiate alle imposte ed alle centine radiali si compie l'orditura del sistema sul quale, nel senso delle generatrici dei fusi, vanno collocate le tavole destinate a formare il manto corrispondentemente alla divisata superficie d'intrados della vôlta.

L'armatura per la costruzione di una vôlta a botte con teste di padiglione (num. 253 e *fig.* 241) deve essere formata di due centine principali passanti pei vertici E′ ed F′ dei due fusi AE′D e BF′C e disposte perpendicolarmente alle due linee d'imposta AB e DC; di due mezze centine pure passanti pei vertici E′ ed F′ e collocate perpendicolarmente alle altre due linee d'imposta AD e BC; di quattro mezze centine radiali da adattarsi secondo le curve AE′, BF′, CF′ e DE′; di un sufficiente numero di centine intiere collocate a convenienti distanze fra le accennate due centine principali; e finalmente di un certo numero di costole disposte in piani perpendicolari alle linee d' imposta ed appoggiate per le estremità superiori alle dette mezze centine radiali per compire l'armatura delle teste di padiglione. Le tavole costituenti il manto vanno disposte nel senso delle generatrici delle superficie cilindriche costituenti l'intrados della vôlta.

Quanto si è detto per le armature delle vôlte a padiglione e di quelle a botte con teste di padiglione facilmente conduce a trovare il modo di armare una vôlta a schifo (num. 255 e *fig.* 242). Si dispongano tante mezze centine radiali in piani verticali passanti pei vertici A, B, C, D ed E del poligono d'imposta adattate alle curve AE′, BG′, CH′, DL′ ed EM′; altre mezze centine si collochino perpendicolarmente ai lati di detto poligono a distanza compresa fra metri 0,50 e metri 1; e tutte si colleghino per le loro estremità superiori ad una specie di telaio foggiato secondo il poligono F′G′H′L′M′ sostenuto da un conveniente numero di puntelli onde ottenere nell'intiera centinatura un sistema per quanto è possibile di forma invariabile. Il manto corrispondente alla parte curva della superficie d'intrados verrà formato da tavole disposte colla loro lunghezza nel senso delle generatrici delle superficie cilindriche formanti le dette parti, e quello corrispondente alla parte piana verrà costituito da tavole collocate trasversalmente sul telaio in cui vengono a collegarsi tutte le centine.

Una vôlta a crociera con unghie cilindroidiche e con unghie cilindriche (num. 258 e *fig.* 248 e 249) si arma incominciando dal collocare le intiere centine necessarie ad ottenere gli archi AHB, BIC, CKD, DLE ed EMA, venendo dopo a disporre le mezze centine partenti dai vertici del poligono d'imposta e riunentisi al vertice della vôlta tagliate superiormente secondo le curve GA, GB, GC, GD e GE, e finalmente completando la centinatura di ciascun' unghia coll' applicare alle ultime centine altre collocate in piani verticali paralleli ai lati del poligono d'imposta: così per

completare la centinatura corrispondente all'unghia GAHB si disporranno fra le due mezze centine GA e GB quante centine si credono necessarie, tutte collocate in piani verticali paralleli al lato AB, ossia in piani paralleli a quello della lunetta AHB. Le tavole costituenti il manto di queste vôlte verranno disposte colla loro lunghezza nel senso delle generatrici delle superficie cilindroidiche o delle superficie cilindriche assunte nel definire la generazione dell'intrados delle varie unghie.

Poco diverse dalle armature or ora descritte per le vôlte a crociera con unghie cilindroidiche e con unghie cilindriche, sono quelle che convengono per le vôlte a crociera con unghie dette sferiche (num. 260 e *fig.* 251). In questo caso la centinatura di ciascuna unghia, per esempio quella dell'unghia GAHB, verrà fatta con una centina intiera disposta in corrispondenza della mezza circonferenza AHB, con due mezze centine GA e GB concorrenti al vertice G dell'unghia, con una costola che dalla sommità H della mezza circonferenza AHB vada al vertice G, e finalmente con altre costole poste in piani verticali paralleli al lato AB del poligono d'imposta fra le centine GA, GB e GH. Le tavole costituenti il manto, le quali sempre dovranno essere assai corte, verranno disposte coi loro assi longitudinali in piani verticali perpendicolari alla retta AB.

Per le vôlte a crociera con unghie dette sferiche e generate come venne detto al già citato numero 260 ragionando sulla figura 252, l'armamento di ciascuna unghia, per esempio dell'unghia GAHB, risulta assai semplice e bastano: la centina tagliata superiormente secondo una direttrice a mezza circonferenza da porsi in opera onde ottenere la curva AHB; le due mezze centine che da A e da B devono andare al vertice G dell'unghia; ed altre centine appoggiate alle ultime due in piani verticali paralleli al lato AB del poligono d'imposta e tutte tagliate superiormente ad arco circolare di raggio eguale alla metà di AB.

L'armatura per una vôlta lunulata (num. 263), di una delle quali venne data la rappresentazione nella figura 257, si fa in modo che presenti una solida struttura adatta alla vôlta principale in cui sono praticate le unghie, e quindi nei luoghi in cui queste devono essere costrutte si dispongono e si collegano all'armatura della vôlta principale quelle centinature che convengono alla genesi speciale delle unghie che si vogliono avere.

Le armature per vôlte a fascioni (num. 264) e di una delle quali venne data la rappresentazione nella figura 258, si fanno

costruendo delle centine tagliate superiormente in modo da adattarsi alle curve limiti che devono presentare questi fascioni, ben collegando fra loro queste armature e ben appoggiandole alle imposte; e su queste centine, generalmente in numero di due per ciascun fascione, si mettono le tavole componenti il manto. Per le piccole vôlte poste fra i diversi fascioni e fra i muri contro i quali questi appoggiano, le quali necessariamente sono le ultime a costruirsi, si fanno quelle armature che convengono alla forma della loro superficie d'intrados, e le centine a questo necessarie si mettono generalmente a posto facendo servire di sostegni i fascioni stessi ed i muri, dai quali sono questi portati.

L'armatura per la costruzione d'una vôlta a cupola composta (num. 265) sarà un assieme di due armature diverse: nel caso della figura 261 converrà l'armatura di una vôlta a vela per la costruzione dei pennacchi, e quella di una vôlta a bacino per la parte sovrastante al tamburo; nel caso della figura 262 si adotterà ancora l'armatura di una vôlta a vela pei pennacchi, e quella di una vôlta a padiglione per il cupolino. — Quando devonsi costrurre delle vôlte a cupola composta con grandi dimensioni, non sono abbastanza resistenti le centine di tavole, ed è necessario di adottare dei robusti cavalletti, che verranno costrutti colle norme che si daranno parlando delle armature per grosse vôlte a botte.

Non sempre nella costruzione di quelle vôlte, le cui superficie d'intrados vengono ad intersecare i piedritti secondo archi, quali sono le vôlte con strombature, quelle a vela, quelle a crociera e quelle lunulate, è necessario di collocare delle apposite centine per far risultare i detti archi: soventi basta che gli archi siano descritti sulle pareti dei piedritti e che si lascino in loro corrispondenza delle immorsature nei piedritti stessi per ben collegarvi il masso murale formante il vôlto.

269. **Armature per la costruzione di piattabande e di archi con piccola corda.** — Le armature per la costruzione di piattabande sopra aperture senza squarci (num. 224 e *fig.* 218), atteso la piccola portata che hanno ordinariamente queste vôlte e la piccola loro larghezza, consistono generalmente in due pezzi di legno ben resistente, che si dispongono coi loro assi assai prossimi a trovarsi nei piani di testa nel senso della larghezza dell'apertura per cui la piattabanda vien costrutta, e trasversalmente ai quali si pongono delle corte tavole onde formare il manto dell'armatura. I due pezzi di legno resistente si appoggiano per le loro estremità agli stessi piedritti che devono sostenere la piattabanda, oppure

a ritti posti contro le pareti dell'apertura. Per poco grande che sia lo spessore del muro in cui la piattabanda deve essere costrutta, si impiegano tre degli indicati pezzi resistenti; e, quando si teme che abbiano essi da inflettersi in modo sensibile sotto il peso che devono sopportare, si consolida ciascuno nel suo mezzo mediante puntelli o ritti verticali.

Per le piattabande sopra aperture con squarci (num. 225 e *fig.* 219) si fa l'armatura per la parte *eghf*, e quindi quella per la parte insistente al trapezio *abdc*, avendo cura di collocare i pezzi resistenti in modo che la superficie superiore del manto presenti quell'inclinazione che superiormente deve avere lo squarcio.

Le armature per archi (num. 226, 227 e 228, e *fig.* 220, 221, 222 e 223) si fanno come quelle delle piattabande, salvo che invece di pezzi resistenti rettilinei sopportanti il manto, si pongano delle centine costrutte come si è indicato al numero 267.

270. **Classificazione delle armature di grandi e pesanti archi.** — I cavalletti da impiegarsi nell'armamento di grandi e pesanti archi possono essere di svariatissime forme, ma sempre sono combinati dietro tre differenti principii: o in modo da essere sostenuti solamente alle loro imposte; o in modo da esservi fra un'imposta e l'altra un certo numero di appoggi aventi per iscopo di dividere la totale apertura in altre minori; o finalmente in guisa da aversi una tale disposizione che possano essere sostenuti solamente all'imposta, colla possibilità di puntellamenti in uno o più siti durante la costruzione della vôlta. — Si chiamano *armature a sbalzo* quelle formate con cavalletti del primo sistema, *armature fisse* quelle altre costituite da cavalletti del secondo sistema, e finalmente *armature miste* quelle in cui i cavalletti sono fatti col terzo sistema.

Oltre le tre specie di armature ora indicate vi sono le *armature scorrevoli* che nella costruzione di lunghe vôlte si fanno avanzare a misura che il lavoro progredisce, e le *armature sospese*, delle quali talora si fa uso per l'esecuzione delle vôlte di alti ponti e viadotti.

271. **Cavalletti per armature a sbalzo.** — Nella figura 265 sono rappresentati in elevazione ed in sezione traversale secondo la spezzata xy tre cavalletti di un'armatura a sbalzo per arcate a tutta monta. Ogni cavalletto è sostenuto alle sue imposte da due *ritti* verticali *r*, e componesi di un *tirante* o *catena c* che appoggia alle sue estremità sui detti ritti; di quattro *puntoni p* disposti coi loro

assi secondo i lati di un poligono inscritto in una curva parallela alla direttrice dell'intrados della vôlta; di due altri puntoni p' per avere nell'assieme dell'armatura un sistema triangolare, e delle *forme* f. I due puntoni p posti nel mezzo del cavalletto appoggiano contro un *ometto* o, nel quale trovano pure appoggio i due puntoni p'; e due altri ometti o', nel mentre si connettono ai contigui puntoni p nelle loro estremità superiori, vanno ad attaccarsi ai puntoni p' nel loro mezzo. Ciascun cavalletto poi è consolidato da due tavoloni t disposti a guisa di filagne, fra i quali sono stretti i due più bassi dei puntoni p, i due puntoni p' e l'ometto o. — La connessione del puntone p colla catena c in A può essere *a dente cuneiforme con semplice maschio nascosto*, e quella della catena c col puntone p' *a semplice dente cuneiforme* con chiavarda in ferro; nella figura 266 sono rappresentate queste unioni in elevazione ed in proiczione orizzontale della sola catena c. — Il collegamento in B del puntone p' coll'ometto o' verrà fatto, siccome lo indica la figura 267, *a maschio e femmina*, ossia *a dente e mortisa*, ed è mediante una caviglia in ferro che s'impedirà la disgiunzione degli indicati due pezzi. — L'unione a dente cuneiforme con semplice maschio nascosto sarà pure adottata pel collegamento dei puntoni p all'ometto o' in C, e verrà essa combinata come appare dalla figura 268 mediante il prospetto dei tre pezzi nel sito di loro collegamento ed il fianco dell'ometto o'. — L'unione da farsi in D pei puntoni p e p' e per l'ometto o può essere quella rappresentata nella figura 269 nel modo che venne adottato per indicare la connessione in C. — Il cavalletto che si è descritto può convenire per armature aventi da 8 a 12 metri di corda, e mediamente si possono assumere le seguenti dimensioni per i legami che lo compongono: metri 0,25 per la grossezza o dimensione orizzontale della sezione trasversale di tutti i pezzi; metri 0,35 per la larghezza o dimensione verticale della sezione trasversale della catena; metri 0,25 per la larghezza dei puntoni p e degli ometti o'; metri 0,30 per la larghezza dei puntoni p' e dell'ometto o; e finalmente metri 0,30 per la larghezza dei tavoloni e metri 0,12 per la loro grossezza. La distanza tra mezzo e mezzo dei diversi cavalletti può mediamente essere assunta di metri 1,40.

Si ha nella figura 270 la rappresentazione di tre cavalletti di un'altra armatura a sbalzo mediante l'elevazione e lo spaccato secondo la spezzata xy. Ogni cavalletto si compone: di due *imposte* di legno i; di quattro puntoni p disposti coi loro assi secondo una linea poligonale inscritta in una curva parallela alla

direttrice d'intrados della vôlta; di quattro *sotto-puntoni* p'; di due puntoni p'', ciascuno dei quali partendo da un'imposta dell'armatura va ad appoggiarsi coll'altro presso il vertice sulla verticale passante per questo punto; di due *staffe* laterali s e di una staffa di mezzo s', formate ciascuna con due travi gemmelle che fortemente stringono fra di loro, mediante chiavarde, i diversi pezzi del cavalletto; di una corta catena c stretta fra le staffe s ed s'; e finalmente delle forme f. — La connessione in A dei tre puntoni p, p' e p'' coll'imposta i può essere quella rappresentata colla figura 271 mediante l'elevazione dei quattro pezzi riuniti e la proiezione orizzontale della sola imposta: pei puntoni p e p' sarebbesi adottato l'incastro a dente cuneiforme con semplice maschio nascosto, e la semplice unione a dente cuneiforme pel puntone p''. — Colla figura 272 in elevazione ed in spaccato secondo la retta xy, venne rappresentato il modo con cui i detti puntoni p, p' e p'' si trovano in B stretti fra la staffa di mezzo s'; ed un'analoga rappresentazione si ha nella figura 273 destinata a far vedere come i due pezzi gemmelli della staffa s' tengono in E la catena c. — Le staffe laterali s stringono in C i puntoni p e p' nella stessa guisa con cui questi sono serrati dalla staffa di mezzo s'; ed i puntoni p'' non che il tirante c vengono stretti in D dalla staffa s nel modo rappresentato dalla figura 274. — Questo cavalletto, quando vogliasi impiegare per armature di archi aventi corda di 12 a 18 metri, esige mediamente le seguenti dimensioni nelle sezioni trasversali delle travi che lo compongono: metri 0,30 per la larghezza dei diversi pezzi; metri 0,25 per le grossezze dei puntoni e della catena; e metri 15 per la grossezza di ciascuno dei pezzi gemmelli formanti una staffa. L'imposta i si può fare con sezione trasversale avente i lati da metri 0,35 a metri 0,40, ed i diversi cavalletti si possono mediamente porre alla distanza di metri 1,50 da asse ad asse.

La figura 275, mediante l'elevazione e lo spaccato secondo la direzione xy, rappresenta una terza armatura a sbalzo appartenente a quelle che diconsi del sistema Perronet, e delle quali il gran costruttore sagacemente e sempre con buon successo fece uso nella costruzione di molti importanti ponti. I cavalletti del sistema Perronet si compongono: di una serie di puntoni p, disposti coi loro assi secondo i lati di un poligono inscritto in una curva parallela alla direttrice della superficie d'intrados, in rinforzo dei quali è stabilita una seconda serie di puntoni p' che costituiscono un poligono inscritto nel primo, quindi un'altra serie di puntoni p''

distribuita essa pure a forma di un nuovo poligono inscritto, e così di seguito fino ad ottenere un sistema sufficientemente solido relativamente alla portata, alla monta ed al peso della vôlta che vuolsi costrurre. Parecchie staffe *s*, collocate per quanto è possibile in direzione normale all'intrados della vôlta, mantengono riuniti i varii ordini di puntoni, e contemporaneamente sostengono con le loro estremità superiori le forme *f* formanti la parte convessa del cavalletto. Tutto il sistema del cavalletto riposa su piattaforme *i*, le quali appoggiano su travi collocate nel senso della lunghezza della vôlta presso le imposte e convenientemente sostenute. — I puntoni si possono fermare nelle piattaforme a dente cuneiforme con semplice maschio nascosto, e verranno stretti fra i pezzi gemmelli di una medesima staffa nel modo che risulta dalla figura 276, la quale rappresenta in elevazione ed in sezione, secondo la linea *xy*, la connessione di una staffa con due forme, con uno dei puntoni *p*, con due puntoni *p'* e con un puntone *p''*. — Tre ordini di puntoni, con sezioni trasversali di metri 0,15 a metri 0,20 nel senso della loro grossezza, e di metri 0,20 a 0,28 nel senso della larghezza, sono sufficienti per aperture comprese fra 14 e 20 metri. I pezzi gemmelli di una medesima staffa avranno in prospetto la larghezza di metri 0,20 a metri 0,30, e di fianco la grossezza di metri 0,15 a 0,20; la distanza poi fra mezzo e mezzo dei cavalletti si potrà assumere da metri 1,20 a 1,60.

Per vôlte di piccola apertura si costruiscono dei cavalletti assai più semplici di quelli stati descritti. Per aperture minori di 2 metri possono bastare due sole forme facenti uffizio di puntoni ritenuti da una catena la quale appoggi sopra due architravi giacenti lungo le imposte della vôlta da costruirsi su appositi sostegni. Per aperture comprese fra 2 e 5 metri si possono fare i cavalletti, o mediante quattro puntoni uniti con razze ad una catena orizzontale la quale, presentandosi il bisogno, potrà essere rinforzata da appositi saettoni; o, come è indicato nella figura 265, lasciando i tavoloni di rinforzo, prolungando l'ometto *o* fino alla catena, sopprimendo i puntoni *p* ed incastrando invece la sagome *f* nella catena *c* e negli ometti *o* ed *o'*; oppure, come è indicato nella figura 270, sopprimendo i puntoni *p* ed i sottopuntoni *p'* lasciando le sole forme *f* saldamente fermate nell'imposta *i* e negli ometti *o* ed *o'*. Per aperture comprese fra 5 ed 8 metri conviene appigliarsi a sistemi analoghi a quelli rappresentati nelle citate figure 265 e 270, tralasciando alcuni pezzi di rinforzo ed adottando legnami con sezioni trasversali minori di quelle sopra indicate.

272. Cavalletti per armature fisse. — Nella figura 277, mediante l'elevazione e mediante il taglio secondo la spezzata xy, sono rappresentati tre cavalletti per un'armatura fissa avente appoggio alle imposte ed un terzo punto d'appoggio nel suo mezzo. Ciascun cavalletto si compone: di quattro puntoni principali, due p partenti dall'imposta e due p' concorrenti nel vertice dell'armatura; di quattro altri puntoni p'', di un ritto principale o e di due ometti o'; di un sistema di razze r ed r', di tre filagne a formate ciascuna con due tavoloni, oppure con due travi gemmelle onde tener ben collegato il sistema dei pezzi già accennati; e finalmente di un'imposta o piattaforma i, dove l' armatura appoggia sui sostegni che la devono sopportare. — La connessione in A del ritto principale o e delle due razze r colla piattaforma i, può essere fatta come, in elevazione dei quattro pezzi ed in proiezione orizzontale della sola piattaforma, è indicato nella figura 278, ossia a maschio e femmina per incastrare il ritto o nella piattaforma i, ed a semplice dente cuneiforme per mantenere ferme le razze r contro il detto ritto e sull' accennata piattaforma. — L'unione in B delle razze r col ritto o può essere quella a dente cuneiforme con semplice maschio nascosto di cui, mediante il prospetto dei tre pezzi ed il fianco del ritto, si ha la rappresentazione nella figura 279. — La connessione in C dei due puntoni p' col ritto o sarà analoga a quella già rappresentata nella figura 268. — Con semplice dente cuneiforme, o soltanto con un gattello, si può ottenere un fermo sostegno in D del puntone p' colla razza r'. — In E si può adottare la connessione a dente cuneiforme con maschio nascosto per quanto spetta ai puntoni p e p' colla razza r, ed analoga connessione può servire per l'incastro in F dei puntoni p colla piattaforma d'imposta. — Per fermare i puntoni p'' sui puntoni p si può adottare l'unione a semplice dente cuneiforme con chiavarda nel modo che appare dalla figura 266; per appoggiarli all'ometto o' si può far uso dell'incastro a dente cuneiforme con maschio nascosto, come lo indica la figura 268; e finalmente a maschio e femmina (*fig.* 267) si può fare l'incastro dell'ometto o, col puntone p. — Le filagne a saranno attraversate da chiavarde dove stringono tutti gli altri pezzi dell' armatura quando sono formate da tavoloni; e nel caso che ciascuna di esse sia costituita da due travi gemmelle, verranno queste tagliate ad un terzo o tutto al più a metà legno, come è indicato nelle figure 272, 273, 274 e 275 per le staffe s ed s', ponendo le chiavarde prima e dopo i pezzi abbracciati dalle filagne ed a poca distanza da essi.

— Cavalletti dell'indicata forma e della portata di 15 a 20 metri vennero ben di soventi usati nella costruzione delle vôlte dei ponti; nella loro composizione si adoperarono travi aventi da metri 0,25 a metri 0,30 di larghezza, e da metri 0,20 a metri 0,25 di grossezza; ed i cavalletti si collocarono alla distauza di metri 1,20 a 1,60 da mezzo a mezzo.

Un secondo sistema di cavalletti per armature fisse è rappresentato nella figura 280 mediante l'elevazione e lo spaccato secondo la retta xy. — I sostegni di tutta l'armatura sono fatti in modo da lasciare nel mezzo dell'arcata da costruirsi un libero passaggio alla corrente ed ai galleggianti che vi devono transitare: tutti i cavalletti appoggiano direttamente su quattro longarine z' e ciascuno di essi si compone: delle imposte i, dei ritti b, dei puntoni p sopportanti le forme f, delle razze r ed r', dell'ometto o, delle grosse forme f' facenti uffizio di puntoni, e di una filagna a colla corrispondente controfilagna. — Per quanto concerne alle connessioni dei legnami sono esse o identiche o affatto analoghe a quelle già state indicate negli altri esempli, per cui si crede inutile l'aggiungere ulteriori spiegazioni. — Un'armatura del genere di quella or ora descritta, coi cavalletti posti a distanza di metri 2,05 da mezzo a mezzo, venne adottata a Parigi nel 1858 per la costruzione del ponte di Saint-Michel: ogni arcata di questo ponte, che è in pietra da taglio, presenta una semi-ellisse per direttrice dell'intrados e misura metri 17,25 di corda; le imposte i si trovavano presso a poco a quel livello in cui l'orizzontale marcante la larghezza dell'apertura era metri 15, colla sezione trasversale quadrata di metri 0,35 di lato; i ritti b e le razze r avevano metri 0,35 di larghezza e metri 0,33 di grossezza; ed eguali dimensioni aveva la sezione trasversale dei puntoni p.

Nella figura 281, in elevazione ed in spaccato secondo la spezzata xy, si ha la rappresentazione di tre cavalletti per un'altra armatura fissa. — Ciascun cavalletto ha quattro appoggi, due alle imposte e due ai punti che dividono in tre parti eguali l'apertura o corda della vôlta a botte per cui l' armatura deve servire, e componesi delle seguenti parti: di una catena in tre parti, due c che dagli appoggi d'imposta vanno a quelli intermedii e la terza c' disposta fra gli ultimi indicati appoggi, formate ciascuna di due travi gemmelle a mo'di filagna e controfilagna; di due ritti verticali r direttamente insistenti agli appoggi intermedii e di tre altri ritti r' passanti coi loro assi verticali ad egual distanza dagli appoggi; di un sistema di razze o saettoni s partenti dalle estremità delle

tre parti della catena in modo da terminare e da incastrarsi alle estremità superiori dei ritti; di un sistema di filagne e controfilagne φ stringenti nel loro mezzo tutti i detti membri; di un sistema di saette di consolidamento s' poste inferiormente nelle parti laterali del cavalletto; di un secondo sistema di saette di consolidamento s'' situate nella parte superiore del cavalletto alternativamente una su una faccia e l'altra sull'altra faccia, e delle sagome o forme f tagliate superiormente in modo da presentare quella curva che corrisponde alla direttrice della superficie d'intrados della vôlta. — Dove i ritti ed i saettoni sono stretti entro i due pezzi formanti le tre parti della catena e fra le superiori filagne e controfilagne si trovano delle chiavarde in ferro, e lo stesso si verifica in tutti i siti in cui le saette di consolidamento vengono ad intersecare qualche pezzo dell' armatura. — Cavalletti dell' indicato tipo vennero impiegati al ponte di Saint-Côme sulla Loire (strada da Tours a Mans); la vôlta ha per direttrice una semi-ovale a nove centri con corda di 24 metri e con saetta di 7 metri, ed i legnami stati impiegati nella composizione dei cavalletti avevano le seguenti dimensioni nelle loro sezioni trasversali: metri 0,30 di larghezza, e metri 0,20 di grossezza le travi gemmelle formanti la catena; metri 0,25 di larghezza ed altrettanto di grossezza i ritti r ed i saettoni s; metri 0,25 di larghezza e metri 0,15 di grossezza le travi formanti le filagne e controfilagne φ e le saette di rinforzo s' ed s''. Le forme f avevano pure la grossezza di metri 0,25. La distanza fra mezzo e mezzo di due cavalletti successivi si assunse di metri 1,46.

In svariatissimi modi si possono combinare i cavalletti per armature fisse; i pochi esempli che vennero citati valgono solamente a dare un'idea della generale loro forma, e, a seconda della corda, della saetta, della direttrice della superficie d'intrados, delle circostanze ed esigenze locali, deve il costruttore in ogni caso sapersi creare quella combinazione che senza inconvenienti, con solidità e con economia porti a buoni risultamenti.

273. **Cavalletti per armature miste.** — I cavalletti per armature miste sono fatti coi sistemi stessi che convengono alla costruzione dei cavalletti a sbalzo, salvo che nella combinazione dei diversi pezzi che li compongono bisogna procurare che alcuni di essi siano disposti in modo da poter venire ad appoggiarsi orizzontalmente sopra i sostegni che si ha in mira di stabilire nel procedere della costruzione della vôlta.

La figura 282, in elevazione ed in sezione trasversale secondo la spezzata xy, rappresenta due cavalletti per armatura mista, in cui

ciascun cavalletto è costituito da due puntoni *p*, fermati nelle piattaforme d'imposta *i*, dagli ometti *o*, dalle forme *f* e dalla filagna e controfilagna di consolidamento *φ*. Il sostegno consta semplicemente di un ritto *r*, d'una traversa orizzontale *t*, in cui a maschio e femmina trovasi incastrato il detto ritto, e di due saette formate ciascuna da due tavoloni poste contro le facce del sostegno una da una parte e l'altra dall'altra. — Per un'arcata avente 12 metri di corda con una semi-ovale a cinque centri per direttrice della superficie d'intrados si trovò conveniente un'armatura mista con cavalletti del tipo di quelli or ora descritti, assumendo, per fare i puntoni, gli ometti, il ritto e la traversa del sostegno, travi della larghezza di metri 0,27 e della grossezza di metri 0,18, e ponendo i cavalletti alla media distanza di metri 1,40 dall'uno all'altro mezzo.

Un luminoso esempio di armatura mista si ebbe nella costruzione del gigantesco ponte in pietra da taglio costrutto a Torino sopra la Dora, della straordinaria apertura di metri 44,25 colla saetta di soli metri 5,40. Ciascun cavalletto era a sbalzo e fatto col sistema Perronet, ed il sostegno dell'intiera armatura, costituito da un ingegnoso castello di legname, era stabilito in corrispondenza del mezzo dell'armatura medesima.

274. Costruzione dei cavalletti per le armature di grosse vòlte. — La pratica generalmente seguita per costruire i cavalletti, che devono servire nella composizione delle armature per vòlte, si riduce innanzi tutto a prepararsi un suolo ben piano e per quanto si può orizzontale, su cui ben soventi si stabilisce un pavimento di tavole; a descrivere su questo pavimento ed in grandezza naturale la curva direttrice della superficie convessa che superiormente deve presentare il cavalletto da farsi quando sarà in opera; ed a segnare la sua corda e la sua monta, non che le direzioni degli assi dei diversi pezzi che devono entrare nella sua composizione. Fatto questo tracciamento del lavoro, i carpentieri taglieranno i legnami da impiegarsi colle dimensioni e colle convenienti forme di calettature; di mano in mano che un pezzo sarà terminato, verrà messo in prova per giungere ad ottenere che ben si unisca a quelli coi quali deve essere connesso, e così si continuerà finchè sul pavimento, sopra il quale si è fatto il tracciamento del cavalletto, trovisi quest'ultimo compiutamente eseguito.

275. Collocamento in opera dei cavalletti per armature di grosse vòlte a botte. — Ben stabiliti in un medesimo piano orizzontale gli appoggi sui quali l'armatura deve essere collocata, i quali appoggi possono essere risalti lasciati nei piedritti della vòlta da

costruirsi, come succede nella figura 265, oppure mensole appositamente collocate presso l'imposta, come appare dalla figura 270, od ancora ritti saldamente piantati nel terreno, come si vede nelle figure 275 e 277, si collocheranno su essi e longitudinalmente delle travi orizzontali costituenti il *sotto-zoccolo z*; su queste travi ed in corrispondenza dei siti in cui devono cadere le piattaforme d'imposta dei cavalletti si porranno gli *apparecchi di disarmo d*, di cui si parlerà nel numero che immediatamente segue; sui detti apparecchi verranno longitudinalmente posate altre travi orizzontali formanti il zoccolo z'; e finalmente sopra il zoccolo verranno disposti i cavalletti a distanze eguali l'uno dall'altro.

Per quanto concerne alle distanze eguali da lasciarsi fra un cavalletto e l'altro si devono fare le seguenti considerazioni: se questa distanza è grande, ciascuno di essi sopporta un carico considerevole e quindi rendesi necessario l'impiego di legnami di grande squadratura, difficili a trovarsi e costosi; se essa è piccola, si ha una grande economia nel costo unitario dei legnami, ma aumenta invece la mano d'opera. In pratica si pongono generalmente i cavalletti di una medesima armatura a distanze eguali comprese fra metri 1,20 e metri 2, e l'esperienza ha dimostrato come per la maggior regolarità del lavoro, a parità di spesa, ai cavalletti pesanti e posti a grandi distanze l'uno dall'altro siano preferibili quelli leggieri e collocati a distanze eguali e che di poco sorpassino il limite inferiore or ora indicato.

Il collocamento in opera di ciascuno dei cavalletti componenti un'armatura, a seconda della loro forma e delle loro dimensioni, può essere effettuato in due modi: o prendendo tutto intiero il cavalletto nel luogo in cui venne fabbricato e trasportandolo nel sito al medesimo assegnato, a braccia d'uomini quando è leggiero e di piccole dimensioni, coll'impiego di opportuni apparecchi destinati all'innalzamento di pesi (num. 146 e 147) quando è pesante ed a grande dimensioni, o prendendo i diversi pezzi di cui il cavalletto deve essere composto, trasportandoli al sito in cui il cavalletto deve essere posto in opera e ponendoli nella giusta loro sede con quell'ordine che si richiede per arrivare alla completa e regolare sua composizione. Il primo metodo viene in generale adottato per cavalletti leggieri, e per quelli che hanno tal forma che non si saprebbero facilmente mettere assieme tenendoli rizzati in un piano verticale, come avviene ben sovente pei cavalletti di armature a sbalzo; il secondo metodo è quello che ordinariamente conviene pei

cavalletti pesanti e di grande portata destinati alla composizione di grandi armature fisse.

Nel porre in opera un'armatura, si ha generalmente l'avvertenza di tenere un po' sollevati i cavalletti onde compensare almeno approssimativamente l'abbassarsi che subirà il vertice della vôlta che si ha in mira di costrurre, sia per il comprimersi dell'armatura medesima sotto il peso che sovr'essa verrà a gravitare, sia per l'abbassamento che sarà per manifestare la vôlta dopo la sua costruzione al momento in cui verrà tolta l'armatura. È però assai difficile il fissare in ogni caso la quantità di cui deve essere sollevato ogni cavalletto, per cui da molti abili costruttori si crede che non sia indispensabile un tale sollevamento, e tanto più che l'altezza del vertice della vôlta non è quasi mai data in un modo talmente rigoroso, che un mediocre abbassamento possa essere considerato siccome un vizio radicale della costruzione.

Una volta collocato al preciso sito tutti i cavalletti componenti un'armatura, è d'uopo che vengano essi consolidati con opportuni membri di concatenazione, affinchè per qualunque contingenza non possano mai declinare dalla positura verticale. I detti membri di concatenazione consistono o in sole traverse orizzontali *t* (*fig.* 265, 270, 275, 277, 281 e 282), oppure in traverse orizzontali *t* ed in traverse inclinate *t'* (*fig.* 280). I membri di concatenamento orizzontali si dispongono generalmente accoppiati; mediante chiavarde opportunamente collocate si mantengono serrati contro i membri dei cavalletti che devono collegare, ed in tutti i siti di concatenamento si praticano quasi sempre delle tacche ad un terzo o tutto al più a metà legno.

Ben stabilita l'intiera armatura si procede al collocamento del manto che sarà formato di tavoloni quando devesi costrurre un vôlto in minuti materiali e di travetti, tuttora che il vôlto debba essere fatto per corsi di cunei regolarmente tagliati. Per accrescere la resistenza dei diversi membri componenti il manto si usa di inchiodarli sui cavalletti alle loro estremità, e per un tale inchiodamento i detti membri servono anche a concatenare i diversi cavalletti dell'armatura nei loro punti più elevati, ossia dove è più facile il pericolo di rovesciamento. I tavoloni componenti il manto per la costruzione di un vôlto in minuti materiali si possono disporre in modo che vengano a toccarsi, o tutto al più in guisa che esista fra l'uno e l'altro un vano della larghezza di metri 0,03; i travetti o dossali per il manto di una vôlta in pietra con corsi regolari di cunei possono essere limitati ad uno per ciascuno

di detti corsi, in modo da riuscir possibile di visitare le linee di giunto longitudinale pel disotto.

Un fatto il quale può dar luogo a gravi sconcerti nell'armatura di una pesante vôlta è l'avvicinamento che, col crescere del peso insistente all'armatura, può manifestarsi in certe connessioni dei legnami a motivo di qualche irregolarità nei loro tagli. Per rimediare a quest'inconveniente si usa di porre delle piastrine in lamiera dove i membri dei cavalletti vengono a congiungersi, e di cacciare dei pezzi di ferro a mo' di cunei dove si riconosce che le connessioni non hanno luogo a perfetto combaciamento.

276. **Apparecchi per il disarmamento delle vôlte**. — Questi apparecchi vanno collocati sotto ciascun cavalletto fra il sotto-zoccolo ed il zoccolo in modo che possano servire ad abbassare lentamente l'intiera armatura di un vôlto dopo la sua esecuzione, ed a praticare con regolarità quest'importante operazione chiamata dai pratici col nome di *disarmo delle vôlte*. Diversi sono gli apparecchi che per tale scopo vennero ideati, ed immediatamente si terrà parola di quelli che sono d'uso più frequente nella pratica.

Il sistema di *disarmo a cunei* è il più semplice, e quello per conseguenza di cui si fa un uso continuo. Consiste esso, siccome in elevazione lo dimostra la figura 283, nel collocare tra il sotto-zoccolo z e lo zoccolo z' in corrispondenza delle imposte di ciascun cavalletto dei parallelepipedi rettangoli, ciascun dei quali risulti dalla sovrapposizione di due cunei c e c' tagliati in modo che le facce in contatto facciano coll'orizzonte un angolo sì piccolo da permettere l'abbassamento dell'armatura con quanta lentezza si desidera. Per ottenere il detto abbassamento sono necessari tanti operai quanti sono le coppie di cunei ed un capo-squadra. In seguito a segni dati da quest'ultimo, quelli battono a piccoli colpi sulla testa meno alta del cuneo inferiore c per farlo scorrere lentamente, e per produrre un lieve abbassamento di tutta l'armatura. Generalmente al principio dell'operazione di disarmo s'incontrano delle gravi difficoltà per mettere in movimento il detto cuneo a motivo del considerevole peso sovrastante; ma quando già di qualche poco si è spostato avviene talvolta che con veemenza viene lanciato in lontananza, per cui ogni operaio dovrà prendere le opportune precauzioni per non essere colpito.

Un secondo sistema di disarmo è quello detto *a semplice cremalliera* (*fig.* 284), che consiste nel sostituire a ciascun sotto-zoccolo ed a ciascun zoccolo due travi t e t' tagliate a denti in modo che collocandole l'una sull'altra formino un sol solido parallelepi-

pedo. Le dette travi si mettono a posto tenendo sollevata la superiore mediante la biette *b*. All'atto del disarmo si cacciano a forza tutte le biette ed allora i pezzi *t'*, che trovansi sull'una e sull'altra imposta, prendendo un moto di traslazione e di abbassamento finchè i loro risalti siano a combacio con quelli dei pezzi *t* di necessità si abbassano e con essi l'intiera armatura.

Invece del sistema di disarmo a semplice cremalliera può essere impiegato quello a *cremalliera doppia* (*fig.* 285), composta di tre pezzi *t*, *t'* e *t''* con due ordini di biette, l'uno fra *t* e *t'* e l'altro fra *t'* e *t''*. Cacciando le biette poste fra i pezzi *t''* e *t'* si produce un primo abbassamento dell'armatura per scorrimento del pezzo *t''* sul pezzo *t'*, e cacciando tutte le altre biette si ha un secondo abbassamento per lo scorrere che il pezzo *t'* fa sul pezzo *t*.

Un altro sistema di disarmo a cremalliera doppia, rimarchevole inquantochè due soli operai possono disarmare una vôlta, cacciando ad uno ad uno i cunei che si trovano nel mezzo della cremalliera è quello rappresentato colla figura 286.

Un sistema di disarmo assai vantaggioso, semplice, economico e che permette di operare con facilità, regolarmente e senza scosse l'abbassamento dell'armatura, è quello *dei sacchi in tela riempiti con sabbia ben compressa* (*fig.* 287). Questo sistema consiste nel porre un sacco in tela ben forte e cucito con filo pure molto forte in corrispondenza dell'imposta di ciascun cavalletto tra il sotto-zoccolo *z* e lo zoccolo *z'*: al momento in cui si vuol disarmare si mettono tanti operai quanti sono i sacchi, tagliano essi i fili coi quali la tela è cucita e con un'asticciuola di ferro o di legno a poco a poco rimuovono la sabbia.

Invece dei sacchi in tela si possono adoperare dei *cilindri in ferro riempiti di sabbia* e perforati al basso della loro superficie convessa da tre o quattro fori per cui la sabbia deve sortire nell'operazione del disarmo. Questi cilindri (*fig.* 288) si collocano, quando si pone in opera l'armatura, sul sotto-zoccolo *z* in tutti i punti d'appoggio di ciascun cavalletto, si riempiono di sabbia fino a circa metà della loro altezza, si mettono in essi e sulla sabbia dei cilindri di legno e quindi su questi cilindri si pone lo zoccolo *z'* e si stabilisce l'intiera armatura. Per disarmare la vôlta è necessario porre all'opera tanti operai quanti sono i cilindri, e ciascuno di questi operai, in seguito a cenni di un capo-squadra, dovrà far sortire la sabbia, rallentarne lo sgorgo o impedirlo totalmente nell'intento di ottenere un abbassamento regolare e senza scosse dell'intiera armatura.

Il disarmamento delle vôlte può anche essere eseguito mediante

viti nel seguente modo: nel zoccolo z' (*fig.* 289), presso i punti di appoggio di ciascun cavalletto, si ponga una vite v la quale, attraversando il detto zoccolo, venga ad appoggiarsi sopra una resistente ed immobile piattaforma di ghisa e che sia munita d'una testa prismatica affinchè riesca possibile di farla girare mediante apposita chiave. Facendo convenientemente e contemporaneamente girare tutte le viti attraversanti i zoccoli dell'armatura, facilmente e regolarmente si ottiene il suo abbassamento e quindi il disarmo della vôlta.

Un altro sistema di disarmamento con viti è quello che consiste nel porre sotto ciascun cavalletto due sostegni della forma di quello rappresentato in elevazione colla figura 290, e nel sollevare l'asta o ritto A finchè il suo cappello c, foggiato ad U, e girevole intorno all'asse di detta asta, venga fortemente serrato contro una traversa orizzontale del cavalletto medesimo. Una volta collocati a sito due degli indicati sostegni per ogni cavalletto, si levano dei cunei che all'atto di porre in opera l'armatura saranno stati posti fra il sotto-zoccolo e lo zoccolo, e quindi si abbassano le aste A colle quali necessariamente discende l'intiera armatura. Per far girare le aste A si fa uso di apposite chiavi colle quali dette aste vengono afferrate nella parte prismatica b.

Un nuovo ed ingegnoso sistema, assai vantaggioso per regolarmente e facilmente produrre l'abbassamento di grandi e pesanti armature, è quello detto *ad elicoide*, il quale consiste nel porre sotto i piedi di ciascun cavalletto, armati di una rotella r, una specie di disco D (*fig.* 291), presentante superiormente una superficie elicoidale sghemba a piano direttore, con sezione a forma di doppio T, e munito al disotto di rulli i quali appoggiano su una piastra di ghisa ben levigata affinchè risulti piccolo l'attrito tra i rulli e la detta piastra quando si farà girare il disco elicoidale intorno al suo asse verticale. Per disarmare si fanno girare i dischi elicoidali e, sdrucciolando sulla superficie degli elicoidi le rotelle dei cavalletti, si finisce per far discendere l'armatura di un'altezza eguale a quella dell'intiero passo.

Ciascun dei sistemi di disarmamento esposti verrà applicato in seguito al calcolo delle dimensioni da darsi ai diversi pezzi da porsi in opera, conoscendo il carico totale che ciascuno di essi deve sopportare. Nell'impiego di cunei conviene tener conto dell'angolo di inclinazione per impedire il loro sdrucciolamento sotto l'azione del carico che devono sostenere, e per ottenere la sola aderenza necessaria a porsi in sicuro che esso non possa aver luogo durante

la costruzione. Adoperandosi i cilindri con sabbia, è necessario di calcolare l'altezza di quest'ultima in modo che non possa avvenire abbassamento dell'armatura prima dell'operazione di disarmamento, ed alle pareti dei cilindri convien dare tale spessore da poter essi sopportare la pressione che la sabbia internamente esercita contro le loro pareti.

277. **Disarmamento delle vôlte**. — L'operazione di disarmare le vôlte deve essere eseguita con molte cautele e bisogna procurare che l'abbassamento dell'armatura non abbia luogo bruscamente, giacchè potrebbero avvenire tali combinazioni di rapidi movimenti nelle diverse parti della muratura capaci, se non di produrre la rovina, di causare gravi sconcerti e funeste conseguenze.

I costruttori non sono d'accordo sull'epoca in cui conviene disarmare le vôlte: alcuni pretendono che quest'operazione debba farsi immediatamente dopo la loro costruzione; alcuni altri vogliono invece che si aspetti finchè la malta siasi lapidificata. Nell'uno e nell'altro caso si verifica sempre un calo all'atto del disarmamento, e questo calo sembra relativamente più considerevole quando le vôlte sono ancora fresche.

Le vôlte in pietra da taglio, ove l'apparecchio accurato dei conci escluda l'uso della malta, possono disarmarsi senza alcun rischio, appena posta la chiave; ma quando, siccome avviene nelle ordinarie circostanze, impiegasi la malta nelle commessure, prima di togliere l'armatura, è vantaggioso dar tempo a quella di assodarsi affinchè piccolo risulti l'abbassamento del vertice. Convien però notare che le malte, asciugando nel consolidarsi, perdono l'attitudine a ricongiungersi alla pietra in quelle commessure che, o sotto o sopra, si erano allargate nel calar progressivo della vôlta per l'abbassarsi dell'armatura, e che si restringono poi quando la vôlta, abbandonata a se medesima, prende il finale suo assetto; e che quindi ritardando l'opera del disarmamento quasi sicuramente si verificano delle mancanze d'aderenza fra i conci e le malte in alcuni giunti, al qual difetto d'altronde assai facilmente si rimedia versando della malta alquanto liquida nelle commessure che veggonsi allargate quando si va facendo l'operazione del disarmamento. Quasi tutti i pratici sono d'accordo nell'ammettere che il disarmamento delle vôlte in pietra da taglio debba essere fatto almeno quindici giorni dopo d'aver messi i cunei della chiave.

Per le vôlte di pietrame e di mattoni, e per le vôlte cementizie, ove in copia vien la malta impiegata, è d'uopo che il disarmamento più a lungo venga ritardato; e si può ritenere che due mesi di tempo

possono bastare nelle stagioni propizie per lasciar asciugare ed assodare le malte tanto da poter procedere con sicurezza all'abbassamento e quindi al disfacimento delle armature.

In generale, nè per le vôlte in pietra da taglio, nè per le altre, è possibile assegnare un'epoca fissa in cui debbano disarmarsi, ed in ogni circostanza conviene agli accorti costruttori di saper cogliere il momento opportuno tenendo conto della diversità dei materiali, del clima e delle stagioni in cui si lavora.

278. **Armature scorrevoli.** — Queste armature devono essere combinate in modo che sia possibile di facilmente farle avanzare a misura che progrediscono le costruzioni in cui vengono impiegate e che con agevolezza si possano maneggiare tanto nell'essere elevate e poste in opera, quanto nell'essere abbassate onde compiere l'operazione del disarmamento.

Nella figura 292 in elevazione ed in spaccato secondo la $x\,y$ è rappresentata l'armatura mobile che venne impiegata a Parigi nella costruzione del condotto sotterraneo del boulevard Sébastopol, avente l'apertura di metri 5,20. Il disegno già spiega abbastanza le diverse parti componenti quest'armatura, composta di quattro cavalletti portanti il manto di tavole ed aventi da mezzo a mezzo la distanza di metri 1,50; ed ecco brevemente quanto si riferisce al modo di adoperarla: nel mentre si costruisce la vôlta l'armatura riposa su ritegni fissi; per il disarmamento si sollevano leggermente le traverse t, disposte a guisa di filagna e contro-filagna, mediante le viti speciali v, si tolgono i ritegni r sui quali trovasi l'armatura per far discendere le rotelle a su ferri d'angolo inchiodati alle longarine l ed inservienti di rotaie. L'armatura si può allora far scorrere colla massima facilità fino al sito in cui nuovamente deve essere impiegata, collocare e mantenere all'altezza conveniente mediante le dette viti v ed i ritegni r.

279. **Armature sospese.** — Le armature sospese convengono nelle circostanze in cui devono essere poste in opera a grande altezza sul suolo naturale, come avviene nella costruzione di elevati viadotti ed acquedotti e nel loro impiego bisogna generalmente costrurre le vôlte per cerchi che si succedano nel senso delle loro generatrici.

La figura 293 rappresenta un'armatura sospesa che intendesi combinata in questo modo: sopra un risalto A B, lasciato in ciascun piedritto della vôlta da costruirsi, si stabiliscono due ritti verticali r saldamente fissati al loro piede in un zoccolo di legno z, collegati a circa metà di loro altezza dalla trave orizzontale o e dalla trave orizzontale o' alla sommità; in ciascuno di detti ritti si fissa una

specie di modiglione costituito dal pezzo orizzontale *a*, dalla saetta *s* e consolidato dai tiranti in ferro *t*; sui due modiglioni posti in corrispondenza di un medesimo piedritto si collocano le travi longitudinali *l*; e si pongono su dette travi i semplicissimi cavalletti composti ciascuno della catena *c*, dei puntoni *p*, dell'ometto *o*, delle staffe *o'* e delle sagome *f*.

Nel descritto sistema di armatura sospesa le travi longitudinali *l* sono soggette ad inflettersi, e non conviene che esse sopportino più di tre o quattro cavalletti posti a distanza non maggiore di metri 1,20 da mezzo a mezzo, per cui gli apparecchi di sospensione, costituiti dai ritti *r*, dallo zoccolo *z*, dalle travi orizzontali *o* ed *o'*, dal modiglione *a*, dalla saetta *s* e dai tiranti *t*, devono essere stabiliti a distanza non maggiore di metri 3 a 4,20, e la vôlta deve essere costrutta per archi successivi non eccedenti la detta lunghezza nel senso delle generatrici, avendo cura di lasciare gli opportuni addentellati affinchè dall'assieme degli archi successivamente costrutti risulti un assieme ben connesso e non facile a manifestare delle fenditure.

280. **Armature con materiali ammucchiati.** — Facendo dei mucchi di terra ed anche accatastando del pietrame e dei mattoni in modo che la superficie superiore del cumulo, convenientemente regolarizzata con malta o con gesso, o più semplicemente ancora con sabbia, sia quella che deve presentare l'intrados della vôlta da costruirsi, si ottengono delle economiche armature convenienti per vôlte di mediocre apertura, e nelle quali non si ricerca la più scrupolosa regolarità nella superficie d'intrados. Il sistema delle armature con mucchi di terra può sensibilmente venir migliorato coprendo questi con uno strato di tavoloni che offre una superficie più regolare e che serve di efficace rimedio contro le ineguaglianze di compressione nella massa terrosa. Del resto, detta massa deve essere contenuta in apposito recinto, e, se la sua superficie superiore non risulta da apposito scavo fatto nel terreno naturale, è necessario che venga posta per strati successivi ben compressi. I mucchi di terra impiegati per armature resistono tanto più uniformemente quanto più la saetta della vôlta è piccola. Nel caso, a cagion d'esempio, d'un arco di circolo dell'ampiezza di 60°, quando si abbiano tutte le cure convenienti, si può applicare quest'economico sistema di armamento per vôlte aventi anche da 10 a 12 metri d'apertura.

281. **Armature in mattoni.** — Per fare economia di legname in quei luoghi in cui il suo costo è piuttosto elevato, si fanno,

in parecchie circostanze, delle armature con leggieri cavalletti, su questi si fa un primo vôlto con mattoni disposti in uno o più anelli concentrici, e questo vôlto viene in rinforzo dell'armatura leggiera per dare un complesso abbastanza resistente, capace di servire di armamento alla vòlta definitiva. — La vôlta di mattoni immediatamente collocata sull'armatura di legname, talora si lascia a far parte della vôlta definitiva, nel qual caso vi deve essere conveniente collegamento fra i materiali di questa ed i mattoni di quella, tal'altra invece si abbatte dopo tolta l'armatura in legname e dopo il consolidamento della vôlta che si ebbe in mira di costrurre.

CAPITOLO VIII.

Travate, incavallature e centine.

ARTICOLO I.

Travate.

282. **Cosa intendesi per travata e membri di cui si compone.** — Si attribuisce il nome di *travata* a qualsiasi combinazione di solidi, generalmente ad asse rettilineo, disposti in modo da aversi un resistente sistema pel sostegno di tavolati, di coperture, di pavimenti, di suoli stradali, ecc., e sostenuti in un conveniente numero di punti fissi. — I diversi membri componenti una travata prendono il nome di *travi;* ordinariamente il legno, il ferro e la ghisa sono i materiali da cui sono essi costituiti: e, a seconda della materia costituente e dell'impiego che devono ricevere, affettano forma e dimensioni diverse, ma tutte si possono ridurre ad alcuni tipi principali che immediatamente passo ad indicare.

Le travi in legno o sono *semplici* o sono *composte* oppure sono *armate:* si chiamano *travi semplici* quelle a sezione rettangolare che direttamente si ricavano dai tronchi degli alberi in seguito all'operazione della squadratura, e delle quali si è parlato al volume che tratta dei *Materiali da costruzione*, al capitolo XI, all'articolo II ed ai numeri 165 e 170; si dicono *travi composte* quelle che si formano di più pezzi, sia nell'intento di superare portate maggiori delle lunghezze che possono avere le travi semplici, sia per avere

sistemi capaci di sostenere pesi tanto grandi da essere insufficienti le sezioni trasversali delle travi che fornisce il commercio; si dà il nome di *travi armate* a quelle semplici o composte che, nell'intento di impedire le grandi flessioni a cui andrebbero soggette per portate troppo ampie e per carichi troppo grandi relativamente alla loro sezione trasversale, convenientemente si rinforzano mediante membri di consolidamento opportunamente disposti. Le travi in legno reticolate, dette *all'americana*, vanno annoverate fra le travi composte.

Le travi in ferro si dicono *semplici* o *composte* secondo che sono esse formate da un sol pezzo, oppure da più pezzi riuniti. Le travi semplici ben di rado hanno sezione trasversale rettangolare, qualche volta ammettono quella con forma di semplice T, ma più di frequente sono con sezione trasversale a forma di doppio T. Le travi composte sono costituite da lamiera e da ferri speciali convenientemente collegati; quelle con sezioni trasversali a doppio T, e quelle internamente vuote, dette *tubulari*, sono le più frequenti. Le travi composte con sezione trasversale a doppio T possono essere *a parete continua* oppure *a parete reticolata*, e quando si devono superare delle straordinarie portate e combinare un sistema capace di resistere ad enormi pesi convengono quelle travi tubulari che longitudinalmente presentano, oltre il vano principale, altri vani piccoli a guisa di celle, e che appunto per questo si dicono *cellulari*.

L'uso delle travi in ghisa è assai limitato a motivo della poca elasticità di cui gode questo materiale; esse non si possono impiegare per superare grandi portate, sempre sono semplici ossia formate d'un sol pezzo, ed ordinariamente si fanno con sezioni trasversali rettangolari ad U ed a semplice o doppio T. Il loro impiego si può dire riservato alle sole costruzioni civili nelle quali molto si prestano dal lato della decorazione, in quanto che nella fondita è possibile far risultare sulle pareti i divisati architettonici ornamenti.

283. **Travi composte in legno**. — Svariatissime sono le disposizioni che si possono adottare nella formazione delle travi composte, e basterà di qui indicare quelle che sono di uso più frequente.

Una prima disposizione, in elevazione ed in sezione trasversale, è rappresentata nella figura 294: essa consiste unicamente nel porre l'una sopra l'altra due travi A e B di egual grossezza calettandole *a maschio e femmina* o, ciò che torna lo stesso, *a scana-*

latura e linguetta. — Talvolta la calettatura è a sezione trapezia, tal altra è a doppio maschio, ed in alcune circostanze al maschio si sostituisce una linguetta riportata formata con legno più duro di quello costituente le due travi A e B. — Questo sistema ha l'inconveniente di non opporsi allo scorrimento longitudinale di un pezzo sull'altro.

Una seconda ed utile disposizione è quella che appare dalla figura 295: si sovrappongono due o tre travi tagliate a denti nella parte in cui devono combaciare, si interpongono fra l'una e l'altra delle bietle *b* in legno ben duro, ed inoltre si stringono generalmente mediante fasciature in ferro. Una trave composta di questa forma è assai più solida di quella di cui si è dato il tipo nella figura 294, e più non esiste pericolo di scorrimento di un pezzo sull'altro opponendosi ad esso i denti, le biette e le fasciature.

Una trave composta, invece di essere fatta per soprapposizione di due o tre pezzi, può essere combinata, siccome in elevazione ed in proiezione orizzontale lo dimostra la figura 296, mediante tre pezzi A, B e C collocati in adiacenza ed a contatto laterale l'uno dell'altro, incastrati a dentature oblique con risalti convergenti dell'alto in basso, e mantenuti a sito da biette in legno ben duro e da chiavarde in ferro che simultaneamente li attraversano.

Un sistema di travi composte conveniente in quelle circostanze in cui si vogliono travi di molta resistenza, e quando è possibile di dare ad esse una grande altezza, è quello rappresentato in elevazione colla figura 297.

284. **Travi armate in legno.** — L'armamento delle travi in molte guise può essere combinato e in quello che immediatamente segue si propongono solamente alcuni esempli che in diverse circostanze già vennero messi in pratica.

La figura 298 in elevazione rappresenta una porzione di trave A armata nella sua parte superiore mediante i due pezzi laterali o puntoni B ed il pezzo centrale o chiave C, fortemente stretti a quella mediante apposite fasciature in ferro. Si dà per regola che non debbansi fare le tacche nella trave A per la connessione dei puntoni a distanza minore di circa metri 0,5 dalle due estremità, onde non incorrere nel pericolo che lo sforzo fatto dai puntoni sulle tacche produca qualche scheggiatura alle stesse estremità della trave. È necessario che le teste dei puntoni siano, per quanto è possibile, a perfetto combaciamento colle estremità della chiave, e che le congiunzioni della trave coi puntoni si facciano con tutta esattezza, affinchè il sistema riesca strettamente unito e possa essere equi-

valente ad un solido tutto d'un pezzo: perciò, onde rimediare alla imperfezione che soventi risulta nei tagli, si può far uso di lamine di piombo frapposte alle estremità della chiave ed alle teste dei puntoni e di zeppe in legno conficcate nei vani che vi possono esistere nelle congiunzioni di questi colla trave.

Nella figura 299, in elevazione ed in sezione trasversale secondo la retta xy, è rappresentata una trave armata composta di due pezzi A, in mezzo ai quali trovasi l'armatura costituita da due puntoni eguali intermedii B inclinati, che si appoggiano alla chiave C e con l'estremità inferiori ai traversi D incastrati ed inchiodati ai due pezzi laterali A. Mediante chiavarde sono fortemente serrati l'uno contro l'altro i due pezzi A e B.

Si fanno anche, siccome in elevazione ed in sezione trasversale secondo la retta xy lo dimostra la figura 300, delle travi composte di due travi semplici A parallelamente collocate il cui armamento si riduce alle travi inclinate o puntoni B ritenuti fermi per l'estremità inferiore nelle travi A mediante connessione *a doppio dente cuneiforme* ed una fasciatura in ferro e calettate alle estremità superiori nei pezzi verticali C. Una trave orizzontale D, sostenuta dai ritti E elevati e fortemente stretti da chiavarde fra le travi A ed i puntoni B, permette di assegnare alla trave armata quella forma che può essere necessaria allorquando deve essa servire a somministrare un appoggio orizzontalmente disposto.

Una trave armata del genere di quella or ora descritta può anche essere costrutta con una sol trave A, coi puntoni B e coi pezzi verticali C non accoppiati.

285. **Travi in legno con armamento in ferro.** — Due sono i sistemi principali dietro cui si fanno le travi in legno con armamento in ferro. Il primo sistema consiste nel sostenere pel di sotto la trave in legno mediante tiranti in ferro in modo che non possa avvenire l'inflessione di quella senza provocare la resistenza all'estensione di questi; il secondo sistema si riduce a far uso di uno o due archi in ferro muniti ciascuno di un tirante della stessa materia e disposti sulla trave di legno in modo che al minimo inflettersi di questa tendano a succedere delle deformazioni nell'arco o negli archi di armamento.

Nella figura 301 si ha poco più di mezza elevazione di una trave A armata col primo sistema. L'armatura si riduce a due scatole in ferro o in ghisa B nelle quali sono fermate le estremità della trave in legno, ad un tirante C, e a due saette in ghisa D. Le estremità del tirante sono lavorate a vite, e mediante opportuni dadi con

chiocciola si arma la trave facendo in modo che il detto tirante abbia una tale tensione da presentarsi essa trave un po' incurvata superiormente colla convessità in alto. Allorquando la trave da armarsi non è molto lunga, invece di due saette D, se ne impiega una sola nel mezzo; e se ne adoperano tre, di cui quella di mezzo sarà più lunga delle laterali, allorquando la detta trave è di considerevole lunghezza.

Soventi si fanno delle travi armate le quali sono composte di due travi gemelle di legno A la cui armatura, siccome in elevazione ed in sezione trasversale secondo la retta xy lo dimostra la figura 202, consta di due spranghe inclinate B che sono fissate alle estremità superiori delle trave in legno in una piastra di ferro o di ghisa e che si uniscono a cerniera ad un tirante orizzontale C collocato al di sotto di detta trave. Ciascuna cerniera è attraversata da un pezzo in ferro D che si oppone alla flessione, e nei tiranti B si produce la conveniente tensione girando le madreviti m.

Qualche volta l'armatura ora indicata, oppure anche quella rappresentata nella figura 301, si applica su ambedue le facce laterali della trave in legno, e si può nel secondo caso adottare la disposizione che, in prospetto ed in sezione secondo la retta xy, è rappresentata nella figura 303.

Nella figura 304 si ha in elevazione ed in spaccato secondo la retta xy una trave armata col secondo dei due sistemi di cui si è fatto cenno al principio di questo numero. L'armatura consiste in un arco A di ferro battuto alle cui estremità è attraversato da un tirante della medesima materia; quest'apparecchio è doppio ossia trovasi da una parte e dall'altra della trave; e mediante chiavarde sono fortemente stretti fra loro la trave in legno e le due armature. — Talvolta l'apparecchio d'armamento è semplice, ed allora trovasi interposto a due travi gemelle colle quali viene saldamente inchiavardato.

Una disposizione del genere di quella ora indicata, e che utilmente venne messa in pratica in alcune circostanze, è quella di interporre un robusto foglio di lamiera a due travi gemelle il cui combacio abbia luogo in un piano verticale e di rendere il tutto ben solidario mediante chiavarde.

286. **Travi in legno dette all'americana**. — Queste travi, le quali come già si è indicato al numero 282 non sono altro che travi composte, vantaggiosamente vengono impiegate per superare grandi portate e principalmente per la costruzione dei ponti. Esse constano, siccome in elevazione ed in sezione trasversale secondo la retta

xy lo dimostra la figura 305, di travi longitudinali A disposte in alto ed in basso a mo' di filagne e contro-filagne colla loro larghezza nel senso dell'altezza della trave di cui essi fanno parte, fra le quali vengono stretti dei pezzi B inclinati a 45° ed in senso inverso in modo da formare un traliccio. Talvolta i pezzi B sono connessi fra loro a metà legno, ma più di frequente sono essi semplici tavoloni, solo appoggiati l'uno contro l'altro. Mediante chiavarde in ferro i pezzi B sono stretti fra le travi A, e mediante altre chiavarde sono fissati in modo invariabile in tutti i siti in cui vengono ad incontrarsi. — Il traliccio trovasi generalmente serrato alle estremità della trave fra due pezzi verticali C fortemente inchiavardati alle filagne e contro-filagne A.

Presentandosi la necessità di formare le filagne e contro-filagne A in più parti, si può adottare la connessione detta a *zig-zag* con biette di durissimo legno, con fasciature in ferro, con coprigiunto costituito da un pezzo di legno ben resistente oppure da una piastra in ferro.

Non sempre le travi a traliccio hanno due soli ordini di filagne e contro-filagne; richiedendolo la resistenza che esse devono presentare, si fanno a tre ordini di filagne e contro-filagne ponendone uno nel mezzo, o anche a quattro ordini facendo in modo che se ne trovino due in basso e due in alto. Ben di frequente, invece di impiegare travi nella formazione delle filagne e delle contro-filagne si adoperano dei semplici tavoloni disposti colla loro larghezza nel senso dell'altezza della trave composta di cui essi fanno parte.

287. Collocamento delle travi per la costruzione delle travate in legno. — Una travata componesi di uno, di due o di tre ordini di travi, e nel caso di una travata a tre ordini si chiamano: *del primo ordine* o *principali* quelle travi che sono le più resistenti e che per conseguenza hanno maggiori dimensioni; *del secondo ordine* o *secondarie* quelle che direttamente appoggiano sulle travi principali; e *del terzo ordine* quelle meno resistenti e che sono sostenute dalle travi secondarie. Il sistema da adottarsi per fermare le travi principali sugli appoggi e per collocare un ordine di travi su un altro ordine di già stabilito è un punto essenziale da considerarsi nello stabilimento d'una travata, imperocchè esso esercita una grande influenza sulla resistenza e sulla conservazione dei pezzi componenti.

Per quanto concerne alla resistenza si sa che una trave orizzontalmente incastrata alle sue due estremità presenta maggiore resistenza e che sotto un dato carico si inflette assai meno di quello che

avverrebbe qualora semplicemente si appoggiasse; e per conseguenza sotto questo riguardo è della massima importanza di ben fermare alle loro estremità i differenti membri che compongono una travata. Per le travi ordinarie che devono essere fermate entro muraglie può bastare un semplice incastramento in queste per una lunghezza non minore di metri 0,20; e per travi di grande portata si rende generalmente necessario, siccome in sezione orizzontale secondo la linea *vx* ed in spaccato secondo la linea *yz* lo dimostra la figura 306, di rendere sicuro l'incastramento a ciascun estremo mediante uno o due ferri di consolidamento *a*, inchiodati, quando sono due, uno sulla faccia superiore e l'altro sulla faccia inferiore, e terminati alle loro estremità da un occhio in cui si farà entrare un bolzone verticale *b*. I ferri di consolidamento si fanno per l'ordinario di tale lunghezza che i bolzoni restino in tal posizione della muraglia da essere possibile il toglierli senza grave danno dalla muraglia stessa, qualora avvenga il caso di dover levare la trave che tiene incastrata per collocarne una nuova.

Non volendosi o non potendosi fare l'incastro nelle muraglie colle pratiche ora spiegate, si possono sostenere le travi alle loro estremità mediante mensole o mediante risalti lasciati appositamente nei muri. Le figure 307, 308 e 309 rappresentano delle disposizioni che in alcune circostanze vennero utilmente impiegate. Nella disposizione indicata colla figura 307 si prolungò e si rinforzò l'incastramento della trave A, pericoloso perchè troppo breve, colla mensola B; nella disposizione della figura 308 si fece un risalto lungo la muraglia mediante la trave B fortemente ritenuta da spranghe *a* e da chiavarde *b* foggiate a coda di rondine all'estremità posta nel muro; nella disposizione accennata alla figura 309, le estremità delle travi vennero serrate in una scatola di ghisa saldamente inchiavardata contro la muraglia.

Il collocamento di travi su altre travi può essere fatto in diversi modi e principalmente *con incastro a maschio e femmina*, oppure *a coda di rondine*. Questi sistemi di congiunzione però presentano l'inconveniente di doversi assoggettare a taglio e quindi ad indebolimento i pezzi appoggiati e quelli che li sostengono, per cui in moltissime circostanze tornano di maggior vantaggio i sistemi di posamento rappresentati in sezione trasversale colle figure 310, 311 e 312, nelle quali A rappresenta una trave principale e B le travi secondarie che sulla prima sono stabilite.

Si è osservato che le travi in legno sono più soggette a putrefazione allorquando trovansi esse serrate nella muratura che non

quando sono esposte all'aria, e che, in una medesima trave, le parti così messe in contatto coll'umidità e sottratte all'azione dell'aria possono anche giungere a completa putrefazione trovandosi ancora il resto in perfetto stato di conservazione. È in quest'osservazione che senza dubbio trovasi ragione della pratica altre volte seguita e di cui si hanno numerose testimonianze in molte antiche costruzioni, di far attraversare alle travi l'intiero spessore del muro. Trovandosi l'estremità della trave esposta all'aria libera, l'incastramento nella muratura non esercita alcuna dannosa influenza sulla conservazione del legno. Per ottenere il medesimo risultato senza nocumento alcuno all'aspetto esteriore dell'edifizio, si può lasciare immediatamente al di dietro di ciascun incastramento un piccolo spazio vuoto o *camera* nel quale l'aria possa rinnovarsi. Sarebbe anche bene, e questo venne proposto e messo in pratica da parecchi costruttori, d'inviluppare l'estremità della trave di fogli metallici o di pezzi di sughero in tutte quelle facce che devono trovarsi a contatto della muratura, nell'intento di preservare il legno dall'umidità.

288. **Travi semplici in ferro.** — Le più frequenti delle travi semplici in ferro e che trovansi in commercio sono quelle con sezione trasversale a forma di doppio T (*fig.* 313). Queste travi si fabbricano al laminatoio ed hanno ordinariamente la lunghezza non eccedente metri 8, l'altezza compresa fra metri 0,1 e metri 0,3, la larghezza delle tavole inferiore e superiore fra metri 0,045 e metri 0,120 e lo spessore nel mezzo fra metri 0,005 e metri 0,012.

289. **Travi composte in ferro formate per la riunione di più travi semplici a doppio T.** — Mettendo assieme due travi semplici a doppio T, siccome in sezione trasversale lo dimostra la figura 314, o anche un maggior numero, e rendendole solidarie mediante più cerchiature in ferro *a* poste a distanza di circa metri 0,80 l'una dall'altra e mediante spranghe *b* pure in ferro a sezione quadrata, diagonalmente collocate fra le tavole dei ferri a doppio T e cacciate a forza mediante colpi di mazza, si ottengono delle robuste travi composte, delle quali numerosi esempli si trovano a Parigi nella fabbricazione delle case sopra le aperture delle porte e delle botteghe, allorquando non si ha altezza sufficiente allo stabilimento di una piattabanda in muratura.

290. **Lamiere e ferri speciali per la formazione delle travi composte e chiodi da impiegarsi nella loro costruzione.** — Le diverse parti componenti una trave composta in ferro si fanno generalmente con lamiere in ferro, e con ferri laminati di forma

speciale, i quali si possono ridurre a due tipi principali ai ferri d'angolo ed ai ferri a T. Le lastre poi ed i ferri speciali si collegano tra loro nella composizione delle travi mediante chiodi ribaditi a caldo.

Le lamiere si trovano in commercio con diverse dimensioni ed i massimi di queste si possono mediamente ritenere di 12 a 14 metri per la lunghezza, di metri 1,40 ed 1,50 per la larghezza e di metri 0,020 a 0,025 per lo spessore. È poi da osservarsi che in una medesima lamiera non possono essere riuniti i tre massimi, di lunghezza, di larghezza e di spessore, giacchè, crescendo la difficoltà di fabbricazione col peso del metallo, a lunghezza massima, per esempio, non potranno corrispondere i massimi in larghezza ed in spessore.

I ferri d'angolo sono quelli la cui sezione si compone di due parti eguali o disuguali, facenti fra loro un angolo retto o anche un angolo qualunque (*fig.* 315, 316 e 317). Si trovano in commercio dei ferri d'angolo con ale eguali disposte ad angolo retto (*fig.* 315), aventi la lunghezza di 9 metri e persino da 11 a 12 metri, la larghezza di ciascun ala non eccedente metri 0,12 e lo spessore variabile da metri 0,003 a metri 0,015. — I ferri d'angolo ad ali differenti (*fig.* 316), ma disposte ad angolo retto, sono meno frequenti di quelli ad ali eguali, però se ne trovano pure in commercio di varie dimensioni colle larghezze delle due ali non eccedenti di metri 0,11 e metri 0,20 e con spessore non maggiore di metri 0,015. — I ferri d'angolo colle ale non piegate l'una sull'altra ad angolo retto (*fig.* 317) si adoperano solamente in alcune rare circostanze; la difficoltà di fabbricazione cresce collo scostarsi dell'angolo delle due ali dall'angolo retto; e, per angoli acuti, bisogna rinunziare allo spigolo vivo in *c*, accontendandosi di raccordare con una superficie curva *acb* le due facce piane *ad* e *be*.

I ferri a semplice T (*fig.* 318) si adoperano ben di frequente nella composizione delle travate in ferro come copri-giunti, come armature di pareti verticali e come diagonali nella formazione delle travi a traliccio. Non s'incontrano gravi difficoltà per avere di tali ferri lunghi fino a metri 6,50 con larghezza di metri 0,15 nella tavola *ab;* con altezza di metri 0,10 nel gambo *cd*, compreso anche lo spessore della tavola, e con spessore medio di metri 0,012.

Dei ferri a doppio T già a sufficienza si è parlato al numero 288.

I chiodi da impiegarsi per unire fra loro le lastre ed i ferri speciali hanno forma cilindrica con lunghezza variabile giusta lo spessore ed il numero dei pezzi che devono attraversare, general-

mente compresa fra metri 0,038 e metri 0,141; il loro diametro difficilmente supera metri 0,025; la sporgenza delle capocchie, che generalmente hanno forma sferica, suol essere da 1/4 ad 1/3 del diametro, e la loro altezza oscilla fra i 3/4 ed i 2/3 del diametro stesso.

291. **Travi composte in ferro con sezione a doppio T.**—Queste travi, che si compongono di lamiera in ferro e di ferri d'angolo, sono formate nel modo espresso in elevazione ed in sezione trasversale secondo la retta xy dalle figure 319 e 320. Nella prima figura è rappresentata una trave composta di una sola parete verticale a a cui sono collegati due ferri d'angolo b in ciascuna estremità; nella composizione della trave rappresentata alla seconda figura entrano una lastra verticale a, due ferri d'angolo b e due lastre orizzontali c. Per accrescere la resistenza delle travi di cui si ragiona, invece di una sola lastra orizzontale c, se ne mettono due ed anche un numero maggiore per ogni estremo.

Alle travi con sezione a doppio T appartiene quella rappresentata in sezione trasversale nella figura 321 stata ideata dal celebre Brunel, ed in cui la nervatura superiore è incurvata a superficie cilindrica avente per direttrice un arco di circolo e rilegata mediante specie di razze d alla parete verticale. Questa disposizione ha per iscopo di opporsi all'inflessione della trave tanto nel senso verticale quanto nel senso orizzontale, e vantaggiosamente può essere impiegata per travi la cui altezza sia un po' considerevole.

292. **Travi in ferro a parete reticolata.** — In moltissimi lavori si sono adoperate delle travi in ferro che, per il loro sistema di costruzione, si assomigliano alle travi in legno all'americana (num. 286), e tali sono le *travi a parete reticolatà* dette anche *a traliccio.* Queste travi mostrano maggior leggierezza di quelle a parete continua e si possono combinare in modo che presentino un più giudizioso impiego della materia. La figura 322 in prospetto ed in sezione trasversale secondo la retta xy dà un esempio di una di queste travi composta: delle lastre orizzontali superiore ed inferiore a; dei ferri d'angolo b; delle lastre verticali c comprese fra i ferri d'angolo; e del traliccio formato coi pezzi obliqui d.

293. **Travi in ferro a doppia parete verticale.** — Le travi a doppia parete verticale, che si chiamano anche *travi tubulari* s'impiegano in quelle circostanze in cui devono presentare una grande resistenza con un'altezza talmente limitata da essere necessario un troppo grande numero di lastre orizzontali qualora si volesse fare una trave solamente a doppio T. La figura 323 rappresenta la sezione trasversale in una trave a doppia parete composta delle due lastre

verticali *a*, degli otto ferri d'angolo *b* e delle due lastre orizzontali *c*. Invece di una sol lastra orizzontale inferiore e di una sol lastra orizzontale superiore , se ne possono , a seconda della resistenza che deve presentare la trave, impiegare due od anche tre.

Alle travi tubulari appartengono anche quelle a sezione rettangolare foggiate come in sezione trasversale è indicato nella figura 324.

294. **Travi cellulari**. — Le *travi cellulari*, che sono quelle le quali meglio convengono per le grandi portate, consistono nel comporre le tavole orizzontali delle travi a doppio T, o quelle delle travi a doppia parete verticale, o anche quelle delle travi a sezione rettangolare, mediante specie di celle con pareti in lamiera di ferro ben collegate fra loro ed alle pareti verticali mediante ferri d'angolo e chiodi ribaditi.

La figura 325 rappresenta in sezione trasversale una trave cellulare, in cui le celle hanno sezione trapezia, composta della lastra verticale *a*, delle lastre inclinate *b*, delle lastre verticali *c* e dei ferri d'angolo *d* destinati a ben collegare fra di loro tutte le indicate lastre. —Nella figura 326 si ha in sezione trasversale la rappresentazione di una trave cellulare con doppia parete verticale. Nella figura 327 si ha pure la sezione trasversale di una trave cellulare con sezione rettangolare, del genere di quelle che vennero impiegate per la costruzione dei due ponti tubulari di Conway e di Menay, progettati da Robert Stephenson, sulla strada ferrata da Chester a Holyhead. Nel ponte di Conway le travi, lunghe 122 metri, non sono appoggiate che alle loro estremità, e nel ponte di Menay le due travate maggiori superano la straordinaria portata di 140 metri.

295. **Dei copri-giunti da impiegarsi nella costruzione delle travi in ferro**. — Le lastre ed i ferri speciali da impiegarsi nella composizione delle travi in ferro non si possono, siccome già si è detto, fabbricare con quelle dimensioni che può richiedere la costruzione di una lunga trave, ed è imperiosa necessità di aver ricorso ad apposite congiunzioni dove esiste interruzione di una parte resistente , affinchè la solidità della trave non rimanga alterata: queste congiunzioni si fanno con pezzi di lamiera uniti ai membri da congiungersi mediante chiodi ribaditi, e sono questi pezzi che prendono il nome di *copri-giunti*.

Dovendosi riunire due fogli successivi di lamiera sembra che il più semplice sistema di connessione sia quello di porre, siccome lo dimostra la figura 328, il foglio A sul foglio B e di riunirli mediante una fila di chiodi ribaditi. Questa disposizione però , collo-

cando le lamiere in due piani diversi, ha l'inconveniente di metterle in tale condizione che sotto l'azione di una trazione longitudinale tendano a porsi nello stesso piano, e di sviluppare un'estensione anormale della lamiera ed una componente nel senso della lunghezza dei chiodi la quale tende a schiantarne le capocchie.

La connessione rappresentata nella figura 329, in cui le due lamiere A e B, poste l'una sul piano dell'altra, sono riunite mediante un copri-giunto C di spessore eguale a quello delle lamiere interrotte e fissato sì all'una che all'altra mediante file di chiodi, è più vantaggiosa di quella rappresentata colla figura 328 in quanto soddisfa alla condizione di porre i due fogli di lamiera da riunirsi in uno stesso piano; però è meno economica, esige una doppia superficie di copri-giunto ed un doppio numero di chiodi, nè va immune dall'inconveniente di una componente nel senso della lunghezza dei chiodi.

Un utile disposizione è quella indicata colla figura 330, in cui i due fogli di lamiera A e B, mediante due copri-giunti C e D simultaneamente presentanti una sezione eguale a quella dalla lamiera interrotta e mediante due file di chiodi, sono riuniti stando la faccia superiore ed inferiore dell'uno rispettivamente sul prolungamento della faccia superiore ed inferiore dell'altro.

Passando ora al caso di due fogli di lamiera, dei quali uno solo sia interrotto, la disposizione che a prima vista sembra la più naturale è quella della figura 331, in cui un copri-giunto C avente lo spessore delle due lamiere interrotte A e B vien collocato sul giunto ed inchiodato mediante due file di chiodi.

L'esperienza ha dimostrato che la connessione rappresentata colla figura 331 è difettosa per le lamiere abbandonate e non connesse ad altri solidi membri, in quantochè è facile che esse vengano a piegarsi nel sito di loro unione; ed è preferibile quella della figura 332 in cui si impiegano due copri-giunti C e D aventi ciascuno il mezzo spessore della lamiera interrotta.

In quanto alla somma delle sezioni da darsi a tutti i chiodi di una medesima fila, si può ritenere che essa debba essere il doppio della sezione della lamiera interrotta.

Nella figura 333 in elevazione, in proiezione orizzontale ed in sezione trasversale secondo la retta xy è rappresentata una porzione di trave con sezione a doppio T, le cui tavole orizzontali sono composte di due lamiere a e b riunite alla parete verticale d coi ferri d'angolo c, ed i copri-giunti, dove trovasi interrotta una delle due

lastre delle tavole orizzontali, sono formati dai pezzi di lamiera *e* ed *f* smussati agli angoli onde diminuire il loro peso.

296. **Travi in ghisa.** — Le travi in ghisa vennero per alcune opere sostituite alle travi in ferro, soprattutto in Inghilterra molto si usarono in questi ultimi anni e principalmente nell'esecuzione dei soffitti del nuovo palazzo Westminster. Diverse forme di sezione trasversale assagnarono alle travi in ghisa i costruttori inglesi: Tredgold suggerì la sezione a doppio T simmetrico (*fig.* 334); Hodgkinson credette di poter conchiudere, in seguito a numerose esperienze, aversi la forma più conveniente di sezione trasversale in quella a doppio T non simmetrico colla tavola inferiore cinque volte più larga della tavola superiore (*fig.* 335); e parecchi opinarono di sopprimere a dirittura la tavola superiore e di adottare per conseguenza la forma a semplice T rovesciato (*fig.* 336).

In generale è da osservarsi essere la ghisa un materiale che poco si presta alla costruzione di travi, sia per i difetti d'omogeneità che potrebbero queste presentare, sia perchè fragili e facili a rompersi anche quasi istantaneamente senza preventivi indizi di deterioramento. Si hanno esempli di travi in ghisa le quali improvvisamente si trovarono rotte per un brusco abbassamento di temperatura. Parecchi deplorabili accidenti avvennero in molte officine inglesi coi soffitti sostenuti da travi in ghisa, e degni d'encomio sono quegli ingegneri i quali nelle loro costruzioni proscrivono l'uso di queste travi anche in quei casi in cui devonsi superare delle portate mediocri.

297. **Collocamento delle travi per la costruzione di travate in ferro.** — Anche le travate in ferro, al pari di quelle in legno, si compongono di due o di tre ordini di travi; ed è della massima importanza di sapere come le travi principali si dispongono sui loro appoggi e come le travi del secondo o del terzo ordine si connettono a quelle del primo o del secondo.

Trattandosi di collocare in opera sopra appoggi murali delle travi principali di lunghezza non molto grande, per cui non siano in esse a temersi delle grandi variazioni al succedersi dei cangiamenti di temperatura, si possono queste mantenere fisse alle loro estremità mediante un bolzone *a* (*fig.* 337) attraversante l'occhio di una banda in ferro *b* fissata mediante chiodi o chiavarde all'estremo della trave A. Per una trave con sezione trasversale a forma di doppio T si possono anche praticare per ogni estremo due fori, uno nella tavola superiore e l'altro nella tavola inferiore (*fig.* 338) e cacciare in questi il bolzone *a*.

Gli indicati sistemi di fissare le travi metalliche sopra muri hanno l'inconveniente di essere piuttosto dispendiosi e nelle ordinarie circostanze possono convenire le seguenti disposizioni: alle loro estremità si lavorino le travi, siccome in proiezione orizzontale viene indicato in A nella figura 339; dovendosi esse fermare in un muro in pietra da taglio, si facciano nei cunei che le devono ricevere degli incavi a foggia di coda di rondine, si collochino in questi incavi e quindi si operi l'incastramento mediante un buon cemento; se invece una trave deve aver appoggio in un muro di pietrame o di mattoni, una volta stabilito il piano di posa, si collocherà su esso la trave stessa e si verrà elevando la muratura in modo che ben la inviluppi. Alcuni costruttori, nell'intento di serrare l'estremo della trave in un muro ben unito fin dai primordii del suo posamento in opera, prescrivono di fare mediante malta di buon cemento la muratura attorno all'estremo della trave per tutto lo spessore del muro e per un'altezza di circa metri 0,40. — Una precauzione che assolutamente non bisogna dimenticare nel porre in opera una trave metallica su un appoggio murale è quella di non far mai uso di malta di gesso, a motivo della facilità con cui questo materiale promuove l'ossidazione del ferro e della ghisa.

Un'osservazione della massima importanza nel collocamento in opera di travi è quella di riconoscere se la superficie di posa è abbastanza grande, in confronto della pressione che su essa ha luogo, da non rimanere schiacciato il materiale sottostante. Non trovandosi verificata questa condizione, bisogna cercare di ripartire la pressione su una base più estesa di quella che corrisponde alla superficie di posa della trave, ed assai facilmente si raggiunge lo scopo collocando sotto la trave o un largo pezzo di tavolone in legno ben duro, o una pietra da taglio ben resistente o anche una piastra di ghisa. Negli edifizi di qualche importanza possono essere insufficienti le indicate disposizioni e, in corrispondenza dei siti in cui devono essere collocate le travi, ben soventi si elevano i muri con quel sistema di struttura di cui si è tenuto parola al numero 141.

Per quanto spetta ai modi di porre in opera delle travi su altre travi: o si collocano le travi secondarie su risalti orizzontali che presentano le travi principali; oppure si inchiodano quelle a nervature verticali lasciate in queste, o ancora si fanno le connessioni mediante ferri d'angolo inchiodati alle travi principali da una parte ed alle travi secondarie dall'altra. — Trattandosi di combinare delle travate con travi in ghisa, all'inchiodamento bisognerà sostituire

l'inchiavardamento ovunque debbasi operare la connessione con due pezzi in ghisa, oppure con uno in ferro e coll'altro in ghisa.

Nelle travi in ferro di grande portata le dilatazioni cagionate da aumenti di temperatura possono essere considerevoli e quindi o causare delle considerevoli spinte sopra gli appoggi qualora a questi vengano fissate, o produrre delle dannose deformazioni nelle travi stesse. Per opporsi a questi inconvenienti si pratica di fissare queste travi per un solo estremo e di appoggiare l'altro estremo o sopra *rulli* o sopra *scorritoi*. — I rulli consistono in cilindri di ghisa del diametro di metri 0,10 a 0,12 riuniti, siccome in proiezione orizzontale ed in sezione secondo la retta xy lo dimostra la figura 340, e mantenuti a giusta distanza l'uno dall'altro mediante le spranghe di ferro A, collocati su una piastra di ghisa B colla superficie ben liscia sulla quale possono scorrere i rulli, saldamente fissata sull'appoggio che deve portare la trave, e munita generalmente di un bordo tutto all'ingiro. Per ogni appoggio si riuniscono assieme almeno tre rulli, ed in generale deve crescere il loro numero colla pressione che ha luogo sull'appoggio pel quale devono essere impiegati. — Gli scorritoi sono formati da semplici piastre di ghisa che si fissano in modo ben solido sull'appoggio che deve sostenere l'estremo libero della trave e che superiormente presentano una superficie ben pulita e levigata. Quando una lunga trave deve essere collocata su più appoggi, si può essa fissare sull'appoggio di mezzo o su quello che è più prossimo al mezzo della trave medesima e porre i rulli o gli scorritoi non solo sugli appoggi estremi, ma anche su quelli intermedii. — Il sistema degli scorritoi è più semplice, più economico e meno mobile di quello dei rulli, il qual ultimo d'altra parte pone meno ostacolo al dilatarsi delle travi: quello torna vantaggioso per travi collocate su appoggi piuttosto bassi e per travi non molto pesanti; questo si adopera generalmente per travi disposte su alti sostegni ed assai pesanti.

ARTICOLO II.

Incavallature.

298. Cosa intendesi per incavallatura. — Chiamansi *incavallature* o *cavalletti* tutte quelle armature in legname, in legname e ferro o anche solamente in ferro, formanti un sistema triangolare le quali, poste a giuste ed eguali distanze l'una dall'altra, servono a dare un numero sufficiente di fermi appoggi ad una serie di travi

orizzontali aventi per ufficio di sostenere una copertura e ad impedire che dette travi vengano ad inflettersi sotto il peso della copertura stessa. Le incavallature sono sempre portate alle loro estremità o da piedritti in muratura o da sostegni metallici generalmente in ghisa.

La forma, il numero e le dimensioni dei diversi membri che entrano nella composizione delle incavallature sono elementi che dipendono dal peso che esse devono sopportare e dalla distanza degli appoggi da cui devono essere sostenute, e relativamente a questa distanza verranno distinte: in *incavallature di piccola portata;* in *incavallature di portata media;* ed in *incavallature di grande portata.*

299. **Incavallature in legname di piccola portata.** — Un incavallatura in legname può dirsi di piccola portata allorquando deve superare una distanza non eccedente i 7 metri.

In questo caso si può essa comporre, siccome in elevazione lo dimostra la figura 341, con soli tre membri ognuno di un sol pezzo: della *catena c* e dei due *puntoni p.* — I puntoni verranno fermati alla catena nelle loro estremità inferiori *a semplice* (*fig.* 342) o *a doppio dente cuneiforme* (*fig.* 343) ed assicurati da staffe in ferro *f* perpendicolari ai dossi dei puntoni medesimi. Le loro sommità verranno connesse: o *a semplice contatto verticale* e tenute assieme da un pezzo di piattina in ferro chiodata sì all'uno che all'altro pezzo (*fig.* 341); o con incastro a mezza grossezza stretto da caviglie in ferro, siccome in elevazione ed in proiezione orizzontale lo dimostra la figura 344; oppure con l'inserzione di un maschio *m* di legno ben duro incavigliato (*fig.* 345).

300. **Incavallature in legname di portata media.** — Si possono porre fra le incavallature di portata media quelle che devono superare larghezze comprese fra 7 e 16 metri.

Se in questo caso si volesse stare alla semplice struttura descritta nel precedente numero, bisognerebbe impiegare travi di forte riquadratura, molto costose e talvolta difficilmente reperibili, per cui è generalmente miglior partito di impiegare travi delle ordinarie dimensioni e di consolidare i tre membri principali dell'incavallatura, che sono la catena ed i due puntoni, mediante alcuni membri ausiliarii, per esempio, con un *monaco* o *colonnello* o *ometto m* frapposto ai puntoni e con due razze *r* poste fra il monaco ed i puntoni (*fig.* 346). Il monaco, nel mentre serve di appoggio ai puntoni, coll'intermezzo della sottoposta staffa in ferro *s* sostiene la catena *c* e allontana ogni pericolo d'incurvamento di questa sotto l'azione del proprio peso e per il sopravvenire di qualche carico esteriore da

cui per accidentali cause venisse gravata: le razze poi sono destinate ad impedire l'incurvamento dei puntoni. — La connessione in A dei puntoni colla catena può essere *a semplice* o *a doppio dente cuneiforme* assicurata da staffa in ferro, come si è detto nel numero precedente, oppure quella *a semplice dente cuneiforme con maschio nascosto*, di cui si ha una rappresentazione nella figura 266. Saranno pure *a semplice dente cuneiforme con maschio nascosto* nei modi rispettivamente indicati dalle figure 268 e 279 i sistemi di congiunzione dei puntoni col monaco in B e delle razze col monaco in C. Per ritenere in D l'estremità superiore della razza contro il puntone si può far uso di un *gattello* inchiodato al puntone medesimo, oppure impiegare la connessione *a tenone e mortisa* ossia *a maschio e femmina* di cui si ha una rappresentazione nella figura 267.

Un altro sistema d'incavallatura di portata media è rappresentato in elevazione nella figura 347: essa consta della catena *c*, dei puntoni *p*, dei sottopuntoni *p'* e della *controcatena c'* collocata a circa i 2/3 della sua altezza. Questo sistema d'incavallatura, non avendo membro alcuno che tenda ad impedire la flessione della catena sostenendola nel mezzo, non può guari convenire per portate maggiori di 10 metri. — Le connessioni in A del puntone e del sottopuntone colla catena possono essere *a semplice dente cuneiforme con maschio nascosto* pel primo ed *a semplice dente cuneiforme* pel secondo in modo analogo a quanto è espresso nella figura 266. Il semplice appoggio rinforzato da un pezzo di piattina in ferro chiodata può bastare per tener fermi i puntoni in B e la controcatena sui sottopuntoni in C.

Fra le incavallature di portata media, che si possono impiegare quando la distanza degli appoggi dai quali l'armatura deve essere sostenuta è prossima al limite di 16 metri, merita di essere menzionata quella di cui si ha la rappresentazione nella figura 348. In quest'incavallatura i membri principali ossia la catena *c* ed i puntoni *p* sono rinforzati: dal monaco *m*, dalle due razze *r*, da due sottopuntoni *s*, e dalle mensole *n* sottoposte alle estremità della catena ed abbracciate dalle staffe in ferro *t* che stringono assieme la catena, i puntoni ed i sottopuntoni. — Le connessioni dei legnami nella descritta incavallatura sono tutte del genere di quelle che già sonosi indicate nei precedenti esempli.

301. **Incavallature in legname di grande portata**. — Si possono già dire incavallature di grande portata quelle per cui le distanze degli appoggi che le sopportano sono maggiori di 16 metri.

Finchè trattasi di superare portate non eccedenti i 26 metri,

siccome suggerisce lo stesso Cavalieri, si possono adottare cavalletti del tipo di quello rappresentato colla figura 349, in cui la catena *c* ed i puntoni *p* trovansi rinforzati dai seguenti membri ausiliarii: dalle mensole sporgenti *n* in sostegno delle estremità della catena; dai sottopuntoni *s* che servono di rinforzo ai puntoni fino alla metà o ai due terzi della loro lunghezza; dalla controcatena *c'* detta anche *catena morta;* dal monaco principale *m* al quale è affidata una staffa in ferro *f* che nel mezzo sostiene la controcatena; dai due monaci laterali secondarii *m'* interposti ai sottopuntoni ed alla controcatena sopportanti la catena mediante le staffe in ferro *f'*; dalle due razze *r* appoggiate e connesse all'estremità inferiore del monaco *m* ed inservienti di ulteriore rinforzo ai puntoni, e finalmente dalle due razze *r'* appoggiate e connesse alle estremità dei monaci *m'* e destinate a sostenere la controcatena e contemporaneamente ad impedire che i detti monaci vengano a deviare dalla posizione verticale in caso di qualche cedimento nella controcatena stessa. — Le connessioni dei legnami per la formazione del descritto cavalletto non presentano difficoltà e tutte sono del genere di quelle che già vennero indicate nel precedente numero.

Non trovandosi o anche risultando di grave dispendio l'avere delle travi di sufficiente lunghezza e riquadratura per formare la catena ed i puntoni d'un sol pezzo, si potranno questi membri fare in più pezzi ponendo le giunture della catena dove trovansi le staffe *f'* e quelle dei puntoni in siti collocati al di sopra dei sottopuntoni *p'*. Le connessioni destinate a prolungare la catena ed i puntoni possono essere: o quella *a zig-zag diritto coll'intromissione di una bietta in legno ben duro* (*fig.* 350), o quella *a zig-zag diritto coll'intromissione di due biette (fig.* 351), o quella *a zig-zag cuneiforme coll'intromissione di una bietta* (*fig.* 352), o altre analoghe facili ad immaginarsi.

In molte altre guise possono essere combinate le incavallature in legno le quali senza straordinarie complicazioni possono anche servire per portate di 30 metri; al di là di questo limite conviene aver ricorso alle incavallature metalliche di cui si parlerà in seguito.

302. **Incavallature in legno senza catena**. — La catena serve nelle incavallature a sopportare la spinta prodotta dai puntoni, e qualora i sostegni sui quali devono essere collocate siano abbastanza resistenti non vi sarebbe difficoltà a sopprimere la catena appoggiando direttamente i puntoni contro i sostegni stessi. Generalmente però i sostegni delle incavallature non sono tanto resistenti da poter permanentemente resistere alle spinte dei puntoni,

e, occorrendo di togliere la catena, riesce d'imperiosa necessità il combinare i cavalletti in modo, se non da neutralizzare completamente la detta spinta, almeno di considerevolmente diminuirla.

La figura 353 offre un esempio di simili incavallature: i piedi dei puntoni *p* sono mantenuti a sito mediante una croce di Sant'Andrea formata dai due pezzi *a*, inchiavardati fra loro in A ed ai puntoni in B; i puntoni sono pure inchiavardati alle loro estremità superiori, alle estremità inferiori in C sono stretti coi pezzi *a* da una fasciatura in ferro, e la connessione è ancora resa più solida per l'esistenza delle longarine orizzontali *l* abbracciate dai puntoni *p* e dai corrispondenti pezzi *a* dei diversi cavalletti, e finalmente l'intiera incavallatura è unicamente formata di tavoloni. La descritta incavallatura può convenire per portate minori di 10 metri.

Per avere incavallature di maggior durata e per superare portate comprese fra 10 e 16 metri, si può adottare la disposizione indicata nella figura 354. I puntoni *p*, i sottopuntoni *p'* e le mensole *m* constano di travi connesse *a semplice dente cuneiforme con maschio nascosto* in A ed in B dove sono rinforzate da cerchiature in ferro; i due sottopuntoni sono uniti in C a metà legno; ed i pezzi *r* ed *s*, destinati a rilegare i detti pezzi principali, sono costituiti di tavoloni e disposti a mo' di filagne e contro-filagne.

Dalla figura 355 appare come alle incavallature formate con pezzi rettilinei si possa assegnare la forma arcuata facendo uso di sagome *a* riportate negli angoli. Le armature del tipo di quella indicata nell'ultima citata figura possono anche convenire per portate non di molto eccedenti i 20 metri.

303. **Incavallature in legno e metallo**. — La grande resistenza del ferro alla rottura per estensione rende questo metallo eminentemente atto a sostituire il legno nelle incavallature per tutti quei membri che trovansi esposti ad estensione, quali sono le catene; e la facilità con cui in ghisa si possono fare delle scatole atte a ricevere le estremità dei legnami, che con determinate posizioni devono essere collegati, è causa che anche quest'ultimo metallo possa rendere dei grandi servigi nella costruzione delle incavallature.

Già da qualche tempo, e soprattutto in Inghilterra, si costruiscono numerose incavallature in legno, ferro e ghisa, e di tali incavallature si conoscono principalmente due sistemi: quello delle ordinarie incavallature in legname colle imposte costituite da scatole di ghisa, con catena e con alcuni membri secondarii in ferro; e quello che, dal nome del suo inventore, chiamasi *sistema Polonceau*, in cui i soli puntoni sono in legno. — Le incavallature in legno e

metallo, che si possono chiamare *incavallature miste*, raramente si fanno per portate minori di metri 16.

304. **Incavallature in legname con imposte costituite da scatole in ghisa, con catene e con alcuni membri secondarii in ferro.** — Bellissime incavallature di questo sistema sono quelle della tettoia della stazione della strada ferrata del Nord a Parigi, di una delle quali si ha la rappresentazione nella figura 356. Essa ha la portata di metri 17,20 e componesi: dei puntoni *p*, dei sottopuntoni *p'*, della controcatena *c'*, del monaco *m* che si prolunga al di sopra dei puntoni per servire di sostegno ai membri del lucernario della tettoia, delle razze *r* per consolidamento dei puntoni, dei *gambi di forza* *g* fissati nelle scatole in ghisa *s* ed *s'*, della catena in ferro *c* vitata per le sue estremità a staffe in ferro fermate nei pezzi orizzontali *a*, fra i quali sono stretti i puntoni *p* ed i gambi di forza *g*, e dei tiranti verticali *t*. — Le colonne in ghisa, contro le quali appoggiano due incavallature attigue estendentisi a tutta la larghezza della tettoia per una tratta di metri 34,40, sono formate di due parti *b* e *b'*, a sezione circolare la inferiore, a sezione rettangolare la superiore, vuote internamente e che si incastrano l'una sull'altra. — Le connessioni dei legnami non presentano particolarità alcuna, sono sempre le solite *a dente cuneiforme con maschio nascosto* ed a *tenone e mortisa*, e si trovano consolidate da un pezzo di piattina in ferro in A, B e C. — La figura 357 rappresenta la proiezione orizzontale e la sezione verticale nel mezzo della scatola *s*, e la figura 358 dà la metà dell'elevazione, la metà dello spaccato verticale, la quarta parte della sezione orizzontale secondo la xy e la quarta parte della proiezione orizzontale del pezzo *b'* visto dal basso in alto. — La figura 359 fa vedere, in elevazione ed in sezione orizzontale secondo la xy, come la catena *c* si connette ai pezzi *a*, e la figura 360 in prospetto ed in sezione verticale secondo la xy mostra l'unione del monaco *m* alla controcatena *c'*, e come è fatta la sospensione della catena *c* al tirante verticale *t*.

305. **Incavallature sistema Polonceau.** — In queste incavallature l'impiego del metallo è maggiore che non in quelle del sistema descritto nel precedente numero, ed ecco nella figura 361 la rappresentazione di una di esse composta: dei due puntoni *p* costituiti ciascuno da una trave di legno armata coll'armatura formata da due tiranti in ferro *t*, ai quali si appoggia una colonnetta *d*, generalmente in ferro fuso, che sostiene la trave nel mezzo di sua lunghezza, del tirante orizzontale *c*, e del tirante verticale *v*. — Ciascun puntone è fissato: al suo piede in una scatola in ghisa dise-

gnata in sezione verticale nella figura 362, e porta una cerchiatura in ferro, rappresentata in elevazione ed in proiezione orizzontale, nella quale viene ad attaccarsi l'estremità a vite del tirante *t*; alla sommità entro una doppia scatola, qual è quella che in prospetto ed in fianco è rappresentata nella figura 363, che porta al disotto la doppia piastra in ferro *a* alla quale trovansi uniti mediante chiavarde il tirante verticale *v* e di due tiranti attigui *t*. — La figura 364 in prospetto ed in sezione secondo la *xy* indica come può essere fatto il sostegno dei puntoni *p* nel loro mezzo; in quanto poi alla riunione in A dei tiranti e della colonnetta, si può seguire il sistema rappresentato in elevazione ed in sezione secondo la linea *xy* nella figura 365, col quale gli indicati membri trovansi inchiavardati nelle piastre *q*. — Il tirante verticale *v* non deve essere connesso in modo invariabile colla catena *c*, e dove quello serve di sostegno a questo si può adottare la connessione che in elevazione ed in proiezione orizzontale vedesi rappresentata colla figura 366.

Le incavallature come quella che or ora si è descritta convengono per portate non maggiori di 20 metri, e volendosi impiegare incavallature dello stesso genere per portate maggiori converrà sostenere ciascun puntone non solamente nel mezzo, ma sibbene in tre punti intermedii ottenuti dividendo la total lunghezza in quattro parti eguali e adottando la disposizione che appare dalla figura 367.

306. **Incavallature in ferro** — A due principali tipi si possono ridurre le incavallature in ferro: il primo non è altro che il sistema Polonceau descritto nel precedente numero quando ai puntoni in legno si sostituiscono delle travi in ferro sostenute in uno o in tre punti, che risultano dividendo la loro lunghezza in due o in quattro parti eguali, da colonnette in ferro fuso; il secondo, molto usato nell'Inghilterra e nell'Alemagna, è quello in cui i puntoni sono rinforzati in punti equidistanti da saette inclinate, il cui numero dipende dall'ampiezza del cavalletto, colle estremità riunite da tiranti verticali e da altri ora orizzontali ed ora inclinati. Le travi costituenti i puntoni sono ben di frequente travi semplici con sezione a doppio T; ben di rado si adoperano le travi semplici aventi la sezione di T; già in molte circostanze vennero impiegate le travi composte in lastre di ferro, vuoi a parete piena, vuoi a parete reticolata.

307. **Incavallature in ferro sistema Polonceau.** — La figura 367 pone sott'occhio una di siffatte incavallature: ciascun puntone è fermato all'estremità inferiore in una scatola o in una mensola

di ghisa saldamente stabilita sul piedritto corrispondente e all'estremità superiore in una doppia scatola pure di ghisa nella quale, come si è detto nel precedente numero, si riuniscono il tirante verticale *v* ed i tiranti obliqui *a'*; le tre colonnette destinate ad impedire l'inflettersi dei puntoni terminano all'estremità superiore in guisa da potervi serrare i puntoni (*fig.* 368) mediante cunei di legno. — Le connessioni in A e quelle in B sono fatte mediante doppia piastra e chiavarde come è indicato nella figura 365; per quella in C i diversi tiranti si bipartiscono in modo da abbracciare il puntone a cui sono pure fermati mediante chiavarde, cosicchè in A, B e C trovansi i vari pezzi uniti ad articolazione. Il sostegno in D della catena *c* col tirante verticale *v* è fatto in modo analogo a quanto si è indicato nel precedente numero colla figura 366. — Le connessioni in C non sempre si fanno nel modo indicato e, siccome in elevazione ed in sezione secondo la *xy* lo dimostra la figura 369, può convenire di unire con chiavarde i pezzi concorrenti al puntone fra una doppia piastra *b* ben collegata al puntone stesso.

Le incavallature del genere di quella or ora descritta sono molto usate; alla tettoia di Bordeaux misurano 30 metri di apertura, e, assegnando dimensioni convenienti ai diversi membri ed impiegando travi composte in lastre di ferro piene o reticolate, si possono esse costrurre anche per portate di 40 metri.

La bella tettoia del mercato di Château-d'Eau a Parigi, la quale ha la portata di metri 35,85, ha le sue incavallature in ferro costrutte dietro il sistema Polonceau, e ciascun puntone è costituito da una trave a parete reticolata rinforzata da una sola colonnetta nel mezzo.

I tiranti *a*, *b* e *c* (*fig.* 367) quasi mai sono collocati coi loro assi sulla medesima orizzontale; il tirante di mezzo *c* sempre si dispone orizzontalmente, e gli altri due *a* e *b* seguono coi loro assi l'andamento di una sola linea retta inclinata colla direzione del puntone del medesimo angolo, che la retta nella quale si trovano gli assi dei due tiranti *a'* e *b'* fa colla direzione stessa.

308. **Incavallature in ferro coi puntoni rinforzati da saette inclinate.** — La figura 370 rappresenta in elevazione una di queste incavallature. I puntoni, come già si è detto, sono travi con sezione a doppio T, semplici o composte a seconda delle minori o maggiori portate da superarsi e del maggiore o minor numero dei sostegni con cui vogliousi rinforzare; le saette inclinate *s* sono generalmente costituite da ferri a semplice T; ed i tiranti verticali *v* non che i tiranti *t* sono formati con spranghe di ferro a sezione

circolare. — La connessione in A può essere fatta come, in elevazione ed in sezione trasversale secondo la linea xy, appare dalla figura 371; le unioni in B si possono combinare come, in elevazione ed in sezione secondo la linea xy, lo dimostra la figura 372; l'attacco in C del tirante verticale di mezzo ai puntoni può essere foggiato come abbastanza chiaramente lo dimostra in elevazione la figura 373; per tutti gli attacchi in D dei tiranti verticali e delle saette oblique ai puntoni si può seguire quanto in elevazione ed in sezione trasversale secondo la xy è rappresentato nella figura 374; e finalmente le connessioni in E dei tiranti estremi colle estremità inferiori dei puntoni verranno fatte per bipartizione dei tiranti stessi abbraccianti le dette estremità e ad esse inchiavardati.

Tutti i tiranti t o trovansi disposti coi loro assi su una medesima orizzontale, o costituiscono due rette discendenti in senso opposto da A verso le imposte in modo da aversi il mezzo A sollevato al di sopra dell'orizzontale passante per le imposte medesime. La tettoia della stazione di Tythe-Bairn a Liverpool ha dieci saette inclinate, undici tiranti verticali, coi tiranti orizzontali costituenti coi loro assi due rette discendenti in senso opposto verso le imposte, ed è della portata di 43 metri.

309. **Collocamento delle incavallature sui loro appoggi.** — Nel porre in opera un'incavallatura qualunque, analogamente a quanto già si è detto parlando delle travi, con ogni cura bisognerà aver riguardo alla pressione che essa sarà per produrre sugli appoggi che la devono sostenere, e mediante larghe pietre o mediante piastre in ghisa, sulle quali verrà direttamente ad appoggiare la superficie d'appoggio dell'incavallatura ripartire questa pressione su una base ampia. Per le incavallature in legno di peso non molto grande si usa talvolta collocare longitudinalmente sui muri che le devono sopportare delle travi o longarine sulle quali si appoggiano e si fermano le incavallature stesse.

Per quanto concerne alle incavallature metalliche le quali, a motivo delle variazioni di temperatura, sono soggette a dilatarsi o a restringersi, alcuni costruttori hanno adottato il sistema di fissarle alle estremità ritenendo sufficienti ad eliminare ogni sconcerto le articolazioni che sempre presenta il sistema; alcuni altri hanno creduto prudente consiglio di stabilirle sopra scorritoi lasciando libere le estremità di scorrere sopra di essi, e vi fu chi adoperò il sistema dei rulli (*fig.* 340). — Una disposizione utile per fermare le grandi incavallature in ferro sui loro appoggi è quella rappresentata in elevazione ed in sezione orizzontale secondo la xy nella figura 375.

Ogni puntone è tenuto in una scatola di ghisa collocata su una piastra A della stessa sostanza mantenuta immobile sul piedritto; un robusto perno in foro B verticalmente e saldamente tenuto nel piedritto stesso attraversa un foro cilindrico con sezione allungata lasciato nella scatola la quale, a seconda delle dilatazioni o delle contrazioni che subirà l'incavallatura, potrà subire dei piccoli movimenti nel senso dell'asse CD del foro allungato, e permettere così gli spostamenti causati dalle variazioni di temperatura. L'estremo del perno B è lavorato a vite onde poter stringere la scatola in ghisa fra la piastra A e la madrevite E.

ARTICOLO III.

Centine.

310. Cosa intendesi per centine e principali sistemi dietro i quali esse vengono costrutte. — Il nome di *centine*, che già venne dato (num. 267) a quegli archi in legname formati di tavole sovrapposte legate assieme con chiodi o con perni a vite, che si impiegano nell'armatura delle vòlte, più generalmente si attribuisce a quelle armature in legname, o in legno e ferro, od anche solamente in ferro, foggiate a guisa di archi, le quali, poste a giuste ed eguali distanze le une dalle altre, servono, come le incavallature, a dare un numero sufficiente di fermi appoggi ad un sistema di travi destinate a sostenere una copertura. Le centine per tettoie sono sempre sopportate alle loro estremità o da piedritti murali o da appositi sostegni in ghisa.

I principali sistemi dietro i quali vengono costrutte le centine in legname sono: quello di Philibert Delorme, quello del colonnello Emy ed alcuni altri che si possono considerare come modificazioni di questi. In quanto alle centine in ferro, si fanno esse mediante lamiere combinate in modo da presentare un arco la cui sezione trasversale sia quella di un doppio T: la parete che unisce le due parti resistenti di una centina in ferro suol generalmente essere a traliccio.

311. Centine sistema Philibert Delorme. — Queste centine devono essere costituite da due corsi di tavole posate colla loro larghezza nel senso dell'altezza delle centine stesse, tenute assieme mediante chiodi o con perni a vite o con caviglie in legno ben duro disposte in modo che si tocchino per le estremità quelle di un medesimo corso e coi giunti diretti normalmente alle curve secondo

cui le centine sono foggiate, in guisa che quelli di un corso corrispondano al mezzo della lunghezza di una tavola dell'altro corso. Nel porre in opera diverse centine destinate al sostegno di una copertura, bisognerà che esse vengano collegate fra loro (*fig.* 376) mediante *legamenti* in legno L posti dove esistono i giunti, destinati a mantenerle alla giusta distanza le une dalle altre per mezzo delle chiavi in legno *c*.

Philibert Delorme ha creduto opportuno in qualche circostanza di porre, dove esistono i giunti, alternativamente un legamento L attraversante (*fig.* 377) le centine nel loro mezzo e due legamenti L′ ed L″ posti l'uno sopra e l'altro sotto le centine stesse; ed una tal disposizione torna generalmente vantaggiosa in quantochè ben si prevengono gli inconvenienti che possono derivare da fenditure nelle tavole.

Per quanto concerne alla lunghezza colla quale devono essere tagliate le tavole per la costruzione di centine dietro il sistema Philibert Delorme, alla loro larghezza ed al loro spessore valgono le regole già date al numero 267 parlando delle centine per armature di volte leggiere; e per quanto spetta ai legamenti sembra conveniente di dar loro uno spessore eguale a quello delle tavole, una larghezza di quattro volte lo spessore, ed una lunghezza la quale abbracci non più di tre o quattre centine, facendo però in modo che l'intiero sistema delle centine risulti ben collegato per effetto dei legamenti medesimi.

Per assegnare esternamente alle centine una prestabilita curvatura diversa da quella che presenta il loro naturale estrados si fa uso di apposite sagome S (*fig.* 376 e 377).

Le centine col sistema Philibert Delorme tornano vantaggiose dove si può solamente disporre di legnami in forma di tavole, diversamente, atteso la dispendiosa mano d'opera, riescono assai meno economiche delle incavallature in legname e delle centine costrutte come propose il colonnello Emy, e delle quali si parla nel numero che immediatamente segue.

312. Centine sistema Emy. — Nella costruzione di queste centine si impiegano ancora delle tavole, la quali si dispongono di piatto piegandole ad arco nel senso della loro lunghezza. Per formare una centina coll'ingegnoso sistema del colonnello Emy è necessario di costruirsi una sagoma della superficie d'intrados che essa deve presentare, disporre più tavole soprapposte che in virtù della loro flessibilità saranno facili a piegarsi l'una dopo l'altra, e finalmente tenerle unite mediante fasciature e mediante chiavarde

in ferro. Ritirando l'arco così costrutto dalla sagoma contro la quale venne fatto, si manifesta in esso una certa tendenza a raddrizzarsi, ma l'esperienza ha dimostrato che questa tendenza al raddrizzamento è di piccola entità e che, essendo poco pronunciato il movimento che essa causa, non possono avvenire nelle fibre legnose delle estensioni e delle compressioni un po' considerevoli. Le tavole avranno lo spessore medio di metri 0,05 colla larghezza di circa metri 0,15 e colle lunghezze che ordinariamente si trovano in commercio, ma non minore di metri 3. Accuratamente si farà in modo che i giunti di un corso di tavole non corrispondano ai giunti di un altro corso, e che essi cadano nei siti in cui l'arco dovrà essere legato da fasciature in ferro o da razze disposte normalmente all'arco medesimo. Le chiavarde destinate a mantenere a posto ed a stringere le tavole le une sulle altre si porranno a distanza di circa metri 0,80, e frammezzo a due chiavarde successivamente si collocheranno o delle fasciature in ferro o delle razze, oppure alternativamente delle fasciature e delle razze.

La figura 378 rappresenta in elevazione più della metà di una centina costrutta col sistema del colonnello Emy, e si vede che la grossezza della centina va crescendo dalla sommità verso le imposte, trovandosi però il massimo di questa grossezza nel tratto A B, ossia verso le reni, onde diminuire l'elasticità dell'arco e per conseguenza la sua spinta.

La costruzione di centine col sistema del colonnello Emy esige minor mano d'opera e minor consumo di legname della costruzione di centine col sistema Philibert Delorme. Da esami comparativi di due progetti redatti per la tettoia del maneggio di Libourne risultò che adottando il sistema Emy per ogni metro quadrato di area coperta occorrevano metri cubi 0,124 di legno, dove col sistema Philibert Delorme erano necessari metri 0,204. Conviene però far osservare che il primo degli or indicati sistemi esige l'impiego di molto ferro, per cui in una forte proporzione restano ridotti i vantaggi economici che esso ha sul secondo.

313. **Centine in legno a traliccio.** — Un bellissimo esempio di centine in legno a traliccio si ha nella tettoia della stazione di Alessandria in cui ciascuna centina, misurando metri 37,50 di corda, metri 7,60 di saetta all'intrados e metri 1,36 d'altezza, si compone di due parti A e B formate ognuna con tre ordini di tavole dello spessore di metri 0,06 disposte come nelle centine sistema Emy, mantenute alla distanza di 1 metro l'una dall'altra mediante un sistema di croci, e nel modo indicato in elevazione colla figura 379.

Delle lunghe chiavarde in ferro C attraversano normalmente i due archi A e B (*fig.* 380), dove contro l'estrados del primo e contro l'intrados del secondo si trovano i ritegni D nei quali vengono ad incastrarsi i bracci E delle croci consolidate nel loro mezzo dalle piastre in ghisa F. Le chiavarde C trovansi disposte per coppie nel modo indicato dalla figura 381, la quale rappresenta una sezione fatta secondo la spezzata *xy* della figura 380. Le estremità di ciascuna centina sono mantenute entro scatole o *calzari* in ghisa G; una catena in ferro H (*fig.* 379) snodata in cinque punti di sua lunghezza, attraversa i detti calzari, ed in grazia delle sue estremità lavorate a vite (*fig.* 380) e delle madreviti *m* impedisce lo spostarsi delle estremità della centina sopportando una tensione equivalente alla spinta orizzontale che questa produce. La catena in tutti i siti in cui esistono gli snodi è sostenuta da tiranti verticali V, come in elevazione ed in sezione orizzontale secondo la *xy* è indicato dalla figura 382.

314. **Centine in ferro.** — Le centine in ferro sono adoperate nella costruzione delle tettoie di grandissima portata, e ne abbiamo un luminoso esempio a Genova nella stazione della strada ferrata in cui ciascuna centina della tettoia per sosta dei convogli ha la corda di metri 47,70 colla saetta di metri 12,10 all'intrados e coll'altezza costante di 2 metri nel senso dei raggi. Come in elevazione, in sezione normale secondo la retta *vx* ed in sezione orizzontale secondo la *yz* viene indicato dalla figura 386, ogni centina è a traliccio, e le parti resistenti A e B sono mantenute assieme dai ferri normali C e dai ferri diagonali D. La tavola inferiore *a* e l'altra superiore *b* della centina, mediante ferri d'angolo *c*, sono collegate alle lastre *d*; i ferri d'angolo *e* disposti normalmente alla curva secondo cui è foggiata la centina sono impiegati per fare un sol sistema delle tavole *a* e *b* e delle lastre *d*: e per tal modo i ferri normali C trovansi connessi alle parti arcuate A e B superiore ed inferiore della centina. I pezzi diagonali D sono ferri con sezione a semplice T, inchiodati alle lastre *d* uno col gambo del T rivolto da una parte e l'altro dall'altra della centina, e collegati fra loro nel mezzo mediante la lastra quadrata *g*. Per opporsi alla spinta che questo grande arco eserciterebbe alle imposte contro i piedritti e per impedire gli spostamenti orizzontali delle estremità dell'arco medesimo esiste un tirante o catena orizzontale E, formato di più pezzi uniti a snodo. Questi snodi sono in numero di otto, se ne trova uno presso ciascun imposta come vedesi in *h* dove il tirante si divide in due parti per abbracciare la

lamiera della parete continua che ogni centina presenta in F G H I K, e gli altri sei sono dove la detta catena viene sostenuta dai tiranti verticali. Le connessioni dei tiranti verticali alla catena sono fatte analogamente a quanto si è detto nel numero precedente e nel modo indicato dalla figura 382; quelli trovansi appesi alla centina mediante uno snodo, e questa impedisce lo spostarsi delle imposte mediante le doppie madreviti *i* con cui il pezzo K viene serrato contro la parete H I.

Nel nuovo fabbricato della stazione di Torino la tettoia per la sosta dei convogli deve pur essere sostenuta da centine in ferro a tutta monta colla corda di 48 metri, alte 2 metri nel senso dei raggi e fatte per quanto spetta al sistema di connessione delle varie parti e delle lastre metalliche, in modo analogo a quanto si è detto per le centine della tettoia di Genova. Queste centine non sono in ferro per tutta la loro ampiezza, la parte in ferro trovasi per ciascuna nel mezzo coll'ampiezza di 153 gradi e le altre due parti in ferraccio, situate alle imposte, sono destinate a servire di cuscinetti per sopra inchiavardarvi la parte in ferro (*).

315. **Collocamento delle centine sui loro appoggi.** — Il collocamento delle centine sui loro appoggi vien fatto, o fissando i piedi delle centine in modo che non sia possibile in essi spostamento alcuno, oppure collocando i detti piedi sopra scorritoi o sopra rulli in guisa da permettere ai medesimi dei piccoli spostamenti orizzontali.

Per quanto spetta alle centine costrutte col sistema di Philibert Delorme e per quelle costrutte col sistema del colonnello Emy, basta nel maggior numero dei casi lo stabilire in modo fisso i loro piedi in zoccoli Z (*fig.* 376, 377 e 378) costituiti da travi in legno collocate longitudinalmente sui piedritti al livello delle imposte. I detti zoccoli, per effetto delle spinte orizzontali prodotte dalle centine i cui piedi in essi trovano appoggio, sono soggetti a sforzi i quali tendono a rimuoverli dalla loro posizione, ed è quindi necessario che siano mantenuti a posto da ritegni capaci di opporsi al benchè minimo loro spostamento.

Per le centine a grande portata le cui estremità sono ritenute da lunghe catene è prudente consiglio, se pur non vuolsi andare

(*) Le tettoie di Alessandria, di Genova e di Torino, delle cui centine brevemente si è indicata la costruzione, vennero progettate dal valente ingegnere Mazzucchelli, a cui il governo piemontese ed in seguito il governo italiano aveva affidata la direzione della costruzione delle stazioni per le strade ferrate dello Stato.

incontro al pericolo di dissesto nelle connessioni che non sono a snodo, di disporre le cose in modo che siano possibili le variazioni prodotte dai cangiamenti di temperatura. Questo venne praticato per le centine della tettoia di Alessandria (*fig.* 380), in cui ogni calzare munito di quattro piedi ed appoggiato a tre rulli di diametro precisamente eguale all'altezza dei detti piedi venne collocato sopra uno scorritoio di ghisa munito di un bordo rilevato tutto all'ingiro. Le centine della tettoia della stazione di Genova (*fig.* 386) sono pure impostate sopra rulli foggiati come quelli rappresentati colla figura 340 di cui si è parlato al numero 297 e disposti in numero di cinque per ogni imposta.

CAPITOLO IX.

Tavolati, solai e soffitti.

ARTICOLO I.

Tavolati.

316. **Tavolati e condizioni generali per la loro esecuzione.** — Sotto la generica denominazione di *tavolato* comprendesi qualunque assito e pavimento di tavole, e si distingue col nome particolare di *palco* quando vien esso costrutto con pezzi di varia forma disposti a compartimenti.

Le tavole per la formazione dei tavolati vengono sempre disposte e fermate su una serie di travicelli convenientemente collocati; devono esse avere eguale grossezza; e, secondo le occorrenze, si impiegano a semplice pelle di sega ovvero diligentemente piallate da una o da ambedue le pareti, vengono tagliate in isquadro oppure obliquamente, e si uniscono fra loro *a filo piano* oppure *a scanalatura e linguetta* nel modo espresso in sezione trasversale dalla figura 383. Pei tavolati greggi, cioè costrutti con tavole a semplice pelle di sega, le commessure non devono presentare aperture maggiori di metri 0,003; pei tavolati costituiti di tavole piallate e pei palchi eseguiti con pezzi aventi larghezza maggiore di metri 0,15 le dette aperture non devono eccedere metri 0,001; e pei palchi formati con pezzi aventi larghezza minore di metri 0,15 si potrà esigere che le aperture delle unioni non siano

maggiori di metri 0,0005. A tale effetto le superficie delle calettature, sia che le tavole si impieghino grezze, sia che si impieghino spianate, verranno accuratamente lavorate in modo da combaciarsi con esattezza, e le scanalature verranno tagliate in guisa che le linguette s'incastrino solidamente e con precisione: la loro grossezza sarà la terza parte dello spessore delle tavole e la loro sporgenza la metà dello stesso spessore. — Nella costruzione di palchi con pezzi aventi larghezza non maggiore di metri 0,15, invece della connessione a scanalatura e linguetta, si adotterà quella *a linguetta riportata* rappresentata in sezione trasversale nella figura 384.

Le intestature delle tavole costituenti i tavolati si faranno sul mezzo dei travicelli sottoposti; e ciascuna tavola vi sarà fermata sopra mediante due chiodi o mediante due viti a testa piatta quando la sua larghezza è minore di metri 0,17, e si impiegheranno invece tre chiodi o tre viti per le tavole la cui larghezza eccede l'indicato limite. I chiodi o le viti avranno lunghezza eguale al doppio dello spessore delle tavole e verranno messe in opera *a testa perduta*. Trattandosi poi di fare un tavolato in uno spazio circondato da muri, i margini delle tavole verranno accostati alle pareti dei detti muri colla maggior precisione possibile. I tavolati che superiormente dovranno presentare una superficie piana, si riterranno siccome bene eseguiti quando l'accennata superficie sia talmente unita da potervisi applicare un regolo in tutti i sensi senza che fra questo e quella si presentino delle luci maggiori di metri 0,01 pei tavolati grezzi, di metri 0,003 pei tavolati piallati e pei palchi composti di pezzi con larghezza maggiore di metri 0,15, e di metri 0,001 pei palchi costrutti con pezzi non eccedenti l'or indicata larghezza.

Sarà poi bene che i legnami destinati alla costruzione di un tavolato vengano il più possibilmente lavorati tre o quattro mesi prima di porli in opera, e che in tale stato siano tenuti al coperto ed in luogo asciutto fino al momento in cui devono essere impiegati.

I tavolati, relativamente al modo di disporre le tavole sui travicelli sottostanti ed al maggiore o minor grado di lavoratura, si distinguono in *tavolati comuni*, in *tavolati a spina* ed in *tavolati a specchiature*, dei quali tutti si farà cenno nei numeri che immediatamente seguono.

317. **Tavolati comuni.** — Nella costruzione dei *tavolati comuni* si adoperano tavole della lunghezza con cui ordinariamente si trovano in commercio, della larghezza di metri 0,17 a 0,25 e della

grossezza di metri 0,035 a 0,05. Le tavole, che si dispongono trasversalmente ai travicelli sottoposti collocati per file ben allineate, a distanza da asse ad asse compresa fra metri 0,60 e 0,75, coi lati della loro sezione trasversale variabile fra metri 0,06 e 0,10 e colle loro superficie superiori perfettamente di livello o secondo i declivii stabiliti, potranno essere impiegate grezze o piallate da una o dalle due facce, e verranno intestate sui mezzi dei travicelli o per file perfettamente allineate, o a commessure alternate, cioè alternativamente stabilite su correnti diversi, come generalmento si usa in Inghilterra, con notevole incremento di solidità dei tavolati.

318. **Tavolati a spina.** — Questi tavolati si costruiscono con tavole unite a filo piano e più soventi e scanalatura e lingnetta, obliquamente disposte sui correnti per guisa che, tagliate ai loro capi ad ugnatura, formino a due a due degli angoli i cui vertici siano perfettamente allineati sul mezzo di un sottoposto travicello. L'intero tavolato deve mostrarsi siccome composto di tanti corsi di tavole presentanti una calettatura sbiecata su tutti i lati ed una serie di angoli alternativamente rientranti e saglienti. I travicelli su cui devono essere inchiodate le tavole si dispongono per file parallele e distanti da asse ad asse di metri 0,50 a 0,75 ; lungo ciascun muro perimetrale si stabilisce una tavola in cui devono essere incastrate ad incanalatura e linguetta tutti gli assi del tavolato che ad essa vengono a terminare; e la larghezza dei detti assi e l'angolo sotto il quale devono incontrarsi si regola a seconda della grandezza del tavolato da costruirsi, ed in modo da aversi il minor spreco possibile di legname. Quando i travicelli sono distanti di metri 0,75 gli uni dagli altri suolsi dare alle tavole costituenti il tavolato la larghezza di metri 0,17, e si riduce questa larghezza a soli metri 0,12 allorquando i travicelli trovansi a distanza di metri 0,50.

319. **Tavolati a specchiature.** — Questi tavolati vengono costrutti a piccoli o a grandi quadri ed a scomparti, le cui combinazioni e le cui forme variano in moltissime guise anche dipendentemente dal capriccio e dalla moda. In genorale, nella costruzione di questa specie di tavolati bisogna usare la massima accuratezza di lavoro, e si possono essi comporre di specchi con o senza intelaiatura ben concatenati da tavole perimetrali, e messi in opera sopra travicelli distanti da metri 0,40 a 0,50 da mezzo a mezzo. I diversi pezzi devono essere ben uniti e collati fra di loro, saldamente incastrati nelle intelaiature e lungo le tavole perimetrali, e

diligentemente piallati nella parete visibile in un colle connessioni, le quali saranno sempre a scanalatura e linguetta, ed in alcuni casi a linguetta riportata.

Si fanno anche dei tavolati impiegando dei legni di diverso colore studiatamente collocati. Le complicate disposizioni e la leggerezza che talvolta presentano alcuni pezzi componenti questi tavolati non permettono di stabilirli direttamente sopra travicelli, e conviene di posarli sopra un solido tavolato comune fatto con legno ben resistente, come sarebbe di quercia o di larice rosso, perfettamente secco. Un'importante avvertenza da aversi nella formazione de' tavolati con legni diversi sta nel procurare che questi presentino presso a poco il medesimo grado di durezza, se pur vogliosi avere opere non soggette a frequenti guasti e di lunga durata.

In Torino, da poco tempo e nella costruzione dei pavimenti, si fa uso di tavolati chiamati *palchetti Gallinotti* dal nome di chi li ideò, i quali consistono in diversi pezzi di tavola di forma rettangolare o di forma quadrata, disposti e ben connessi in modo da formare degli specchi di forma pure rettangolare o quadrata con lato non maggiore di metri 0,60, ed attaccati al disotto sopra un uniforme strato d'asfalto. Per formare i pavimenti, si dispongono più specchi sopra del suolo ben piano già preventivamente preparato con calcestruzzo, esponendo prima l'asfalto ad un conveniente grado di calore, affinchè rammollendosi possa acquistare quella consistenza pastosa dalla quale si può attendere che tutti gli specchi vengano ad appoggiare su una base ben piana ed uniformemente resistente.

ARTICOLO II.

Solai.

320. **Cosa intendesi per solaio.** — Il nome di *solaio* si attribuisce a qualsiasi travatura composta di travicelli orizzontali equidistanti, colle loro estremità appoggiate a muri laterali, e sostenuti anche talvolta da travi trasversali intermedie sorrette da altri muri i quali, unitamente ai primi, rinchiudono l'ambiente che dal solaio deve essere coperto qualora si ponga sulla travatura un semplice tavolato, ovvero un tavolato con sopra un ammattonato o con sopra un altro strato qualunque di quelle sostanze che si impiegano nella formazione dei pavimenti.

Nei numeri che immediatamente seguono si darà un breve cenno dei solai in legno di struttura ordinaria, di quelli destinati a sopportare grandi carichi e di quelli formati con travi più corte della distanza esistente fra i muri che li devono sostenere; e si passerà dopo ad indicare quali siano i principali sistemi di struttura dei solai in ferro.

321. **Solai in legno di struttura ordinaria.** — Questi solai sono composti di *travicelli* orizzontali di legno resistente, con grossezza che nelle ordinarie circostanze si può assumere eguale ad 1/24 della loro lunghezza, posti a distanza di metri 0,40 a metri 0,50 da asse ad asse, colle loro estremità appoggiate a due muri laterali per una lunghezza almeno di metri 0,13, e sostenuti da uno o più travi trasversali pure di legno resistente, di grossezza eguale ad 1/18 della loro lunghezza, posti in opera a distanza non maggiore di 3 metri da mezzo a mezzo ed incastrati sui muri che li sostengono per una lunghezza che non sia minore di metri 0,25. Nell'assegnare la distanza che da asse ad asse devono avere i travicelli nella formazione di un solaio sopra quattro muri circuenti un'area rettangolare, si avrà cura di fare in modo che due di essi si trovino aderenti ai muri laterali onde meglio consolidare il sistema, onde impedire quello scuotimento a cui l'elasticità naturale del legname rende più o meno soggetti i solai al muoversi delle persone sui sovrapposti pavimenti, ed infine onde aver mezzo di fermare le estremità delle tavole che sopra dovranno essere collocate nella formazione dei tavolati.

Al numero 287 si è parlato del modo di porre in opera le travi ed i travicelli vuoi sopra muri, vuoi sopra altre travi. Ordinariamente nella costruzione dei solai di struttura ordinaria non si osservano a rigore i precetti che vennero dati nel già citato numero: le travi ed i travicelli si addentrano soltanto per una certa lunghezza nei muri perimetrali, e le loro teste si spalmano soltanto di catrame oppure si involvono in un'incamiciata di terra grassa.

Dove esistono canne da camini, ed in corrispondenza di aperture, di sbocchi di scale, ecc., non si possono internare i travicelli nei muri, ed allora si prende il partito d'intestarli, come in proiezione orizzontale appare dalla figura 387, ad un pezzo di legno A, denominato nell'arte *cavallo* ed assicurato con istaffe in ferro od anche mediante incastro a maschio e femmina a travicelli B aventi generalmente nella loro sezione trasversale dimensioni un po' maggiori di quelle degli altri travicelli e saldamente fermati nella muratura.

Il collocamento dei travicelli sulle travi trasversali verrà fatto nei modi indicati dalle figure 310, 311 e 312. Le disposizioni rappresentate nelle figure 311 e 312 convengono allorquando si vuol rendere la minima possibile l'altezza occupata dai legnami costituenti il solaio.

322. **Solai di grande portata e destinati a sopportare grand pesi.** — La struttura che si è descritta appartiene ai solai ordinarii delle fabbriche civili, i quali non hanno altro uffizio che quello di separare i diversi piani degli edifizi, e di resistere ai carichi discreti che sogliono sovrastare ai pavimenti nelle domestiche abitazioni; e strutture più solide si richiedono per solai che ricoprono vasti ambienti e che trovansi soggetti a sopportare grandi carichi. In questi casi è necessario di adoperare grossi travicelli, di moltiplicare al disotto le travi, e di ricorrere a travi composte o a travi armate (num. 283, 284 e 285) qualora se ne faccia sentire il bisogno. L'incastramento delle travi principali verrà fatto con quei procedimenti (num. 287) che valgono a rendere l'opera più stabile, e si prenderanno tutte le cure affine di assicurare alla medesima la massima durata possibile. La distanza a cui si dovranno collocare le travi principali, ed i travicelli e le loro dimensioni verranno determinate in seguito alla resistenza di cui sono capaci ed in seguito al massimo gravame di cui potrà essere caricato il solaio nella particolare sua destinazione.

323. **Composizione di solai con travi corte.** — Nella figura 388 è rappresentata in proiezione orizzontale una disposizione di solaio fatto con travi corte, raccomandata da Serlio nel suo trattato d'architettura. Le travi A le quali fanno ufficio di travi principali sono incastrate per un estremo nel muro, e sono connesse all'altro estremo o a tenone e mortisa o nel modo indicato dalla figura 389 in sezione secondo la retta xy (*fig.* 388). Quest'ultima disposizione nel connettere le travi principali sembra preferibile alla prima, ma conviene di rilegarle due a due mediante robuste piattine in ferro, affinchè possano le dette travi comportarsi siccome incastrate per le loro estremità e contribuire così a dare maggior rigidità all'intiero sistema. Qual sia la disposizione da darsi ai travicelli chiaramente appare dalla citata figura 388.

Un altro sistema di solai con travi corte, stato proposto dal celebre Rondelet, è quello rappresentato in proiezione orizzontale colla figura 390. Esso consiste nel riunire tutte le travi che entrano nella composizione del solaio in una specie di cornice formata con travi A saldamente incastrate pel loro spessore nella

muratura. Tutti i pezzi di cui componesi questo solaio sono di egual squadratura; ciascuno di essi alle estremità è connesso coi pezzi che lo devono sopportare, e nel suo mezzo sostiene gli estremi di due pezzi ad esso normali e posti coi loro assi sul prolungamento l'uno dell'altro. Le connessioni sono fatte nel modo indicato colla figura 391 in proiezione orizzontale ed in sezione trasversale secondo la retta xy e sono consolidate mediante robuste piattine in ferro. Le piattine, come a ragione osserva lo stesso Rondelet, risultano di maggior efficacia allorquando vengono applicate al disotto perchè così vengono esse cimentate all'estensione che è il miglior modo con cui si possa mettere a prova la resistenza del ferro; ponendole al di sopra però esse ancora notevolmente concorrono a dare rigidità al sistema, e si toglie l'inconveniente del cattivo effetto che presenterebbero tuttavolta che il solaio pel di sotto dovesse rimanere scoperto. Molto contribuisce a rendere più rigida l'indicata struttura l'inchiodarvi sopra un doppio tavolato costituito di due ordini di tavole, disposte quelle del secondo ordine perpendicolarmente a quelle del primo, e connesse a scanalatura e linguetta. Onde poi prevenire gli effetti che saranno per derivare da ulteriore disseccazione del legname e dal serrarsi delle commessure, è prudente consiglio di dare al descritto sistema di solaio un piccolo innalzamento nel mezzo.

Molti altri sistemi di solai si possono combinare mediante corte travi in legno, ed alcuni esempli si trovano di quelli in cui i pezzi di legno sono disposti diagonalmente ed incastrati fra loro a tenone e mortisa. Nelle opere speciali di Krafft e del colonnello Emy sono indicate numerose disposizioni, nelle quali tutte però, assai più che nelle due disposizioni sopra accennate, si presenta il notevole inconveniente di far sopportare l'intiero peso del solaio da un piccolo numero di punti, e di richiedere un'assai dispendiosa mano d'opera.

324. **Solai in ferro.** — I solai in ferro, il cui uso si può dire limitatissimo in Italia, sono quelli che al giorno d'oggi più di frequente vengono costrutti in quei paesi dove abbonda il ferro e sopratutto nell'Inghilterra e nella Francia. Questi solai sono essenzialmente composti di travi in ferro laminato con sezione a doppio T (num. 288 e *fig.* 315) incastrate a ciascuna estremità nei muri (num. 297 e *fig.* 339), disposte le une parallelamente alle altre con distanze variabili fra metri 0,60 ed 1 metro nelle ordinarie circostanze e per solai destinati a coprire aree rettangolari, e sopportanti delle traverse in ferro generalmente di sezione rettan-

golare, parallele fra di loro, perpendicolari alle travi principali e poste a distanza di circa 1 metro, sulle quali riposano delle spranghe di ferro ancora a sezione rettangolare, e poste a distanza di metri 0,20 a 0,30 parallelamente alle travi principali, e destinate a ritenere il riempimento, costituito di calcinacci o di rottami, o di gesso, o di laterizii vuoti tenuti assieme con malta, che generalmente suolsi porre nell'altezza del solaio, non che il soffitto col quale al di sotto suolsi generalmento coprire l'orditura del solaio stesso. Sulle travi con sezione a doppio T, lo quali sono generalmente un po' inarcate nel piano verticale del loro asse in modo da presentare una saetta di circa 1/200 della portata, ed in direzione ad esse perpendicolare sono postati i travicelli in legno sui quali viene stabilito il pavimento superiore.

Nelle figure 392, 393 e 394 si hanno in parte le sezioni verticali fatte normalmente alle travi con sezioni a doppio T in tre solai in ferro di diversa struttura. — Nel solaio di cui è rappresentata la struttura mediante la figura 392, le traverse *t* sono aggrappate alle tavole inferiori delle travi principali T, le spranghe *s* appoggiano semplicemente sulle traverse, le travi principali sono rilegate nella loro tavola superiore mediante spranghe *s'* e gattelli *g* che costituiscono altrettanti legamenti in una direzione normale a quella delle travi stesse, ed è in calcinacci il riempimento dello spazio in altezza occupato dal solaio. — Pel solaio la cui struttura appare dalla figura 393, le traverse *t* sono piegate alle loro estremità, e appoggiano simultaneamente sulle due tavole delle travi T, e le spranghe *s* sono soltanto appoggiate sulle traverse. Nell'or citata figura sono rappresentati due sistemi di riempimento con laterizi vuoti disposti in modo da costituire dei piccoli vôlti molto depressi. — Nella disposizione di solaio rappresentata colla figura 394, le traverse *t* sono semplicemente collocate fra le travi principali T in modo da appoggiare sulle sporgenze delle tavole inferiori e da arrivare fin contro le loro pareti verticali, e mantenute a posto mediante legamenti in ferro *l* i quali, passando sotto le travi principali, vanno a fermarsi agli estremi di due traverse poste nella stessa direzione ed una da una parte e l'altra dall'altra delle travi T. Lo spazio che in altezza occupa il solaio è pure riempito con laterizi vuoti formanti dei piccoli vôlti a monta depressa. — Molte altre disposizioni già misero in pratica i costruttori nella costruzione dei solai in ferro; quelle che vennero indicate sono le più usuali nelle ordinarie circostanze della pratica.

Nella costruzione dei solai in ferro di grande portata si dispon-

gono prima sui due muri paralleli meno distanti che circondano l'ambiente da coprirsi delle robuste travi semplici o composte a seconda della portata che devono superare e del gravame che devono sostenere, e saldamente incastrate alle estremità nel modo espresso al numero 297 e rappresentato colle figure 337 e 338. Queste robuste travi divideranno l'intiero spazio in cui vuolsi fare il solaio in spazi minori, a ciascuno dei quali si potrà applicare una delle disposizioni rappresentate colle figure 392, 393 e 394 o altre analoghe: allora le travi principali formanti il solaio di ciascun scompartimento dovranno essere attaccate o per un estremo o pei due estremi sulle travi divisorie sopra citate, ed in questo caso per ciascuna unione si farà uso, siccome chiaramente lo dimostra la figura 395, di un ferro d'angolo inchiodato alla trave da porsi in opera, o che mediante chiavarde si fermerà sopra la trave divisoria.

I solai in ferro hanno il gran merito di occupare altezza minore di quella occupata dai solai in legno; ma per contro, a parità di circostanze, sono molto più sonori, la qual cosa costituisce un grave inconveniente principalmente negli edifizi destinati all'abitazione di più famiglie. Nel numero che segue si parlerà del modo di formare i pavimenti sopra i solai, e si indicherà quali ripieghi si possono adoperare per levare l'inconveniente della troppa sonorità.

325. **Coprimento dei solai.** — Il più semplice di tutti i sistemi per coprire un solaio in legno è quello in cui immediatamente al di sopra dei travicelli si possono disporre normalmente ai travicelli stessi delle tavole formanti il pavimento del piano superiore; questa disposizione però non viene abitualmente impiegata, giacchè la copertura non risulta mai abbastanza ermetica ed il solaio riesce troppo sonoro. Ordinariamente si fa prima sul solaio un tavolato cogli assi congiunti a filo piano, immediatamente al di sopra di questo si stabilisce uno strato di gesso o di malta dello spessore di circa metri 0,04 e su quest'ultimo si posano o le pianelle di cui deve essere costituito il sovrastante pavimento, oppure i travicelli o le tavole se il detto pavimento deve essere a palchetto.

Nel coprire i solai in ferro si può adottare: o la struttura accennata nelle figure 392 e 393, in cui sulle travi T trasversalmente appoggiano i travicelli sui quali è fermato il sovrastante tavolato; oppure, qualora vogliasi togliere l'inconveniente della troppa sonorità, si può disporre un tavolato cogli assi uniti a filo piano trasversalmente alle travi T (*fig.* 394) e sostenuto da uno o più rialzi di gesso o di malta costrutti sulla vôlta di laterizi vuoti,

stabilire su questo tavolato lo strato di gesso o di malta dello spessore di circa metri 0,04, come si è detto pei solai in legno, e finalmente costrurre su quest'ultimo il pavimento.

ARTICOLO III.

Soffitti.

326. **Soffitti e loro distinzione.** — I *soffitti* sono quelle coperture che si fanno alle pareti inferiori dei solai onde togliere la vista dei diversi membri di cui essi si compongono, e per sostituire alle superficie sovente irregolari che essi presentano una superficie regolare, liscia e di forma, a seconda delle circostanze, più o meno elegante.

I soffitti si dicono *piani* o *centinati* secondo che presentano una superficie piana o una superficie curva; per dare ad essi le progettate forme si fa uso di stuoie, di canne e di panconcelli o listelli in legno sui quali viene disteso un intonaco di malta, e quindi la necessità di considerare i *soffitti a stuoie*, i *soffitti incannucciati* ed i soffitti con listelli detti *soffitti imbottiti.*

327. **Soffitti piani a stuoie.** — Questi soffitti si eseguiscono incominciando dallo stabilire un'apposita panconcellatura di listelli di legno dolce della squadratura di metri 0,06 per 0,04, posti da asse ad asse colla distanza di metri 0,17 a 0,20, e chiodati al solaio preesistente per ogni metro lineare con due chiodi a larga capocchia e di conveniente lunghezza. Questa panconcellatura verrà inferiormente coperta con un tessuto di canne acciaccate o stuoie della qualità comunemente denominata *doppia*, ed il detto tessuto si fermerà alla panconcellatura medesima con un filo di ferro di metri 0,001 di diametro, intralciato a maglie coi chiodi inchiodati e con altri intermedi in modo che risultino dei rombi di metri 0,17 a metri 0,20 di lato. Eseguita così l'orditura del soffitto si procederà al suo rinzaffo con malta bastarda, poi all'arricciatura con malta comune, e finalmente allo scialbo con malta fina, avendo cura di lasciare le opportune aperture per ventilare i vuoti tra il soffitto ed il solaio. La grossezza dei detti tre strati di malta non eccederà metri 0,025.

328. **Soffitti piani incannucciati.** — Si costruiscono questi soffitti come quelli a stuoie, colla sola differenza che, invece di stuoie per coprire la panconcellatura di listelli, si adoperano canne palustri di grosso stelo, ben stagionate, acciaccate, accuratamente

intralciate fra di loro e solidamente fermate ai listelli con piccoli chiodi lunghi circa metri 0,06 e posti tutto al più alla distanza di metri 0,06.

329. **Soffitti imbottiti.** — Per fare questi soffitti si fermano ai travicelli del solaio mediante chiodi a larga testa dei piccoli listelli di legno dolce posti alla distanza di metri 0,03 gli uni dagli altri. Gli intervalli che restano fra i detti listelli si riempiono con un robusto strato di malta di gesso distesa in modo da empire esattamente gli specchi e da ben invilupparne i listelli; una volta lapidificato questo primo strato, se ne applicherà un secondo di malta bastarda e questo ben si conguaglierà e liscerà collo sparviero.

330. **Soffitti centinati.** — I soffitti centinati si fanno generalmente con un tessuto di stuoie e talvolta anche con sole canne fermate non ad una pauconcellatura di listelli, come si pratica nei soffitti piani, ma sibbene a centine o costole della larghezza di circa metri 0,11, della grossezza di metri 0,08 e formate di tavole. Le centine o le costole si pongono per l'ordinario alla distanza di metri 0,36 da mezzo a mezzo, si inchiodano a tiranti in legno posti l'uno dall'altro a distanze non maggiori di metri 0,40 ed assicurati da opportune chiodature ai membri del solaio.

I soffitti centinati si costruiscono ben soventi nell'intento di far apparire siccome coperto da una vôlta un luogo coperto soltanto da un solaio che deve rimanere nascosto, ed anche per dar forma regolare ossia forma di vôlta intera ad una porzione di vôlta coprente un determinato spazio. Trovandosi, per esempio, il rettangolo A B C D (*fig.* 385) coperto da una vôlta a botte con teste di padiglione per cui gli spigoli della superficie d'intrados si trovano proiettati nelle quattro rette A E, D E, C F e B F, se elevasi nello spazio coperto dalla definita vôlta un tramezzo nella direzione della retta H G parallela a D A, rimane l'area rettangolare H B C G coperta da una sola parte dell'indicata vôlta a botte con teste di padiglione, la qual parte presenta una tale irregolarità che soventi importa di togliere. Per raggiungere lo scopo s'immaginino condotte nel rettangolo orizzontale H B C G due rette H I e G I rispettivamente parallele a A E e D E; elevati i piani verticali passanti per queste rette fino ad intersecare la superficie d'intrados della vôlta coprente il rettangolo A B C D, si seguino queste due curve che saranno identiche a quelle proiettate in A E e D E; coi piedi sul piano d'imposta della vôlta che insiste al rettangolo A B D C si dispongano contro H G delle costole foggiate al di sotto secondo curve derivanti dalla sezione del fuso di proiezione orizzontale G I H;

contro queste costole e fra le due curve HI e GI si fermino delle stuoie o delle canne in modo da presentare una superficie cilindrica; e quindi si faccia sull'orditura così preparata l'intonaco con malta bastarda, poi con malta comune e quindi con malta fina. Così operando si arriva a costrurre il fuso proiettato in GIH; la vôlta insistente a HBCG sarà vôlta reale nella parte coprente il pentagono HBCGI, e sarà vôlta finta o soffitto centinato nella parte coprente il triangolo HIG.

In generale nel fare un soffitto centinato la cui superficie figuri come intrados di una vôlta reale bisogna disporre delle centine o delle costole in modo che i piani che le dividono per metà cadano nei piani verticali determinati dagli spigoli che deve presentare la superficie d'intrados della vôlta da figurarsi; ed altre costole, analogamente a quanto si è detto sul modo di fare le armature delle vôlte sottili, verranno collocate secondo linee che si possano risguardare come altrettante direttrici della superficie curva che vuolsi ottenere.

CAPITOLO X.

Coperture.

331. Coperture e materiali con cui vengono generalmente costrutte. — Il nome di *coperture* si attribuisce a quelle opere le quali sono destinate a ricoprire ed a riparare i muri, le vôlte e gli interni ambienti degli edifizi dalle pioggie e dalle altre intemperie. Le coperture per tetti constano generalmente di materiali laterizi, di lastre di pietra e di lastre metalliche addossate ad opportuni membri di sostegno i quali a lor turno vengono sopportati da armature, da travate, da incavallature, da centine. Raramente si impiegano negli edifizi stabili le coperture di semplici tavole, e quelle di tela catramata; e solamente nei più ignobili fabbricati campestri si ricorre alle coperture di canne, di paglia o di qualche altra sorta di strame. Dove è necessario soddisfare alla doppia condizione di avere uno spazio coperto e contemporaneamente illuminato dall'alto si adoperano le coperture a vetri. — Le coperture di muri, di vôlte e quelle per terrazzi si fanno ordinariamente con laterizi, con lastre di pietra, con malte cementizie e con sostanze bituminose le quali una volta indurite diventano impermeabili all'acqua, con lastre metalliche e qualche volta anche con materiali laterizi opportunamente apparecchiati.

ARTICOLO I.

Coperture per tetti.

332. Le coperture per tetti si mettono in opera dopo di aver costrutta l'armatura di legname o di ferro, composta di grosse travi o di incavallature o di centine, ed in seguito di aver determinato l'inclinazione, i displuvii e compluvii delle falde in modo che, dipendentemente dal sistema di copertura, si faccia contrasto agli effetti del vento il quale tende a disgregare i varii elementi di cui la copertura stessa è formata, ed all'azione capillare, la quale fa rimontare l'acqua a traverso delle commessure. Sulla detta armatura si posano dei travicelli di legno forte detti *arcarecci*, *paradossi* o *tempiali*, di lunghezza tale che i due capi di ciascuno di essi in modo sicuro vengano ad appoggiare sui puntoni, disposti parallelamente al *colmareccio* ed alla gronda e debitamente trattenuti sopra ciascun puntone da gattelli chiodati ai puntoni medesimi. Più di frequente si tralascia di porre i gattelli, e ciascun arcareccio debitamente si inchioda sui puntoni. Sugli arcarecci si collocano dopo dei listelli, generalmente di legno dolce, chiamati *piane*, *palombelli*, *panconcelli* o *correnti*, compartiti per file ben allineate, parallele, disposte nel senso del pendio della falda su cui si collocano e convenientemente fermati agli arcarecci.

I materiali destinati a formare la copertura, a seconda della loro forma e della loro qualità, si posano direttamente sui panconcelli, o sopra listelli orizzontali o sopra un pianellato di tavole o sopra un tavolato sostenuto dai panconcelli medesimi.

Invece dei panconcelli si costruisce talvolta direttamente sugli arcarecci un tavolato sul quale si posano i materiali costituenti la copertura.

333. **Coperture di tegole curve stabilite su listelli.** — Per questo genere di copertura i panconcelli si pongono distanti da mezzo a mezzo di metri 0,17 a 0,20, ed il posamento delle tegole si fa incominciando dal collocare fra tre file successive di panconcelli due file di tegole dette *canali*, a ridosso le une sulle altre di metri 0,11 a 0,14, colla concavità in alto e distanti da orlo ad orlo di metri 0,04 dove si verifica la maggior larghezza delle tegole; e quindi si copre l'intervallo fra i due canali con una terza fila di tegole, chiamate *di cappello*, disposte colla convessità in alto e come le prime messe a ridosso le une sulle altre. Così procedendo fila

per fila su tutta l'estensione di una falda ed avvertendo che tutte le tegole di gronda risultino ben allineate, si arriverà a completare la copertura che ad essa corrisponde; e quando saranno poste le tegole su due falde adiacenti ad uno stesso comignolo, si collocheranno le tegole colmarecce in modo che risultino coi loro assi nel senso della lunghezza del comignolo, ed a ridosso di circa metri 0,14 le une sulle altre. Le tegole colmarecce talvolta si mettono in opera sopra un letto di buona malta ed accuratamente si stuccano le loro commessure. — La figura 396 in proiezione fa vedere come sono disposti i panconcelli e le tegole in un coperto dell'accennata struttura.

Il peso di queste coperture, ed in genere di tutte quelle fatte con tegole curve, si può ritenere siccome variabile fra 60 ed 80 chilogrammi per ogni metro quadrato; e si possono stabilire di 15° e di 37° i limiti dell'inclinazione che ad esse conviene assegnare.

334. **Coperture di tegole curve stabilite su un tavolato.** — Si pratica in molte località di porre i panconcelli a distanza maggiore di quella sopra indicata di metri 0,17 a 0,20 e di fare su essi un tavolato mediante assi disposti colla loro lunghezza orizzontale, connessi a filo piano, inchiodati ai panconcelli e collocati in modo che le loro intestate non vengano a cadere di seguito su un medesimo panconcello. In tale copertura, della quale si ha una rappresentazione nella figura 397, le tegole delle gronde, quelle dei comignoli e quelle dei displuvi vengono generalmente posate sopra un letto di buona malta, ed il restante dell'opera si eseguisce per filari uniformi, paralleli e distanti fra di loro da metri 0,04 a 0,05 al più, di tegole-canali coperte, come già si è spiegato, da tegole di cappello. In questa struttura le tegole-canali devono essere mantenute ferme, e per raggiungere lo scopo si fa generalmente uso di frammenti di pietra o di laterizi.

335. **Coperture di tegole curve stabilite su un pianellato di tavelle.** — In alcuni paesi si sostituisce un pianellato di tavelle all'impalcatura in legname; i panconcelli che devono sopportare le tavelle, generalmente della squadratura di metri 0,07 per 0,08, si collocano da asse ad asse a distanza eguale alla lunghezza delle tavelle medesime, siccome in proiezione lo dimostra la figura 398; le tavelle si collegano con malta, e l'intiero pianellato si ricopre con un intonaco di metri 0,005 di grossezza, sul quale si posano poi le tegole mediante malta.

336. **Coperture con tegole-canali piane e con tegole di cap-**

pello curve. — Una disposizione di copertura con tegole, la quale era molto in uso presso i Romani e che ancora al giorno d'oggi in alcune località d'Italia viene impiegata, è quella di cui si ha la rappresentazione nella già citata figura 398: le tegole-canali, invece di essere curve, sono piane con bordi dell'altezza di circa metri 0,025 sui lati concorrenti, e invece sono curve le tegole di cappello. Questa copertura si stabilisce sopra un tavolato o meglio sopra un pianellato di tavelle, e le tegole si dispongono a ridosso le une sulle altre, come si è detto per le coperture in tegole tutte curve.

337. **Coperture con tegole piane munite di risalti sui lati**. — In Italia si trovano anche delle coperture nelle quali, siccome in proiezione lo dimostra la figura 399, tanto le tegole-canali quanto quelle di cappello sono piane con bordi sui lati concorrenti. Questa disposizione presenta il vantaggio di ridurre un poco il peso della copertura e di offrire minor presa al vento, ma a motivo dell'orizzontalità dei giunti riescono assai maggiori i pericoli di filtrazioni.

338. **Coperture con tegole a due curvature**. — Nella Fiandra si fanno le coperture laterizie mediante tegole a due curvature in forma di S schiacciata e dette *tegole fiamminghe*. Queste tegole portano nella parte superiore e contro la superficie che deve rimanere al di sotto (*fig*. 400) un robusto risalto mediante il quale si fermano a listelli inchiodati sui panconcelli, e quindi possono anche essere adoperate per tetti a forte pendìo. Nel porre in opera le indicate tegole, siccome lo dimostra la figura 401, si mettono esse a ridosso le une sulle altre di circa metri 0,05 e si otturano i giunti mediante malta. — Le tegole fiamminghe hanno il vantaggio di dare coperture meno pesanti di quelle che si ottengono dall'impiego delle tegole ordinarie senza l'inconveniente di facili filtrazioni, tuttavolta che sia possibile di averle con forma regolare e senza contorcimenti a cui vanno soggette sia nella disseccazione sia nella cottura.

339. **Coperture di tegole piane**. — Nella costruzione di siffatte coperture si pongono abitualmente i panconcelli distanti da asse ad asse di metri 0,325, e sopra questi si inchiodano dei listelli orizzontali, incominciando dal basso e collegandoli per guisa che le loro estremità o capi non si trovino mai sullo stesso panconcello nella successiva disposizione delle file, ma che invece presentino le loro intestate alternate onde meglio collegare il sistema. La distanza che abitualmente si assegna da asse ad asse nelle diverse file di listelli suol essere il terzo della lunghezza delle tegole,

ed ogni listello appoggia generalmente a quattro panconcelli. La posatura delle tegole si incomincia dalla gronda facendo in modo che il dente o risalto, di cui ciascuna di esse è munita contro la sua superficie inferiore, sia fermato alla terza fila di listelli, e procurando che le teste delle tegole risultino ben allineate nel senso della loro larghezza. Fatta la gronda, sulla fila di listelli che trovasi immediatamente al di sopra delle tegole grondali si applica un primo filare di altre tegole, quindi un secondo filare sulla fila di listelli che viene subito dopo le tegole del primo filare, ed in simil guisa si continua a collocare dal basso in alto dei filari di tegole a giunture alternate sui loro mezzi e con una parte vista di un terzo della loro lunghezza. La figura 402 chiaramente dimostra qual è il sistema di struttura che viene adoperato per i coperti con tegole piane. I comignoli, i displuvii ed i compluvii si fanno con tegole curve messe in opera sopra malta, e la parte delle tegole grondali che rimane al di sotto del primo filare viene generalmente doppiato mediante mezze tegole posate con malta.

La copertura con tegole piane ha l'inconveniente di esigere tetti elevati, d'essere assai pesante, giacchè si può valutare il suo peso da 80 a 100 chilogrammi per metro quadrato, e di dar sovente luogo a gravi inconvenienti qualora per qualche tegola venga a rompersi il risalto che porta contro la sua superficie inferiore. Essendo difficile che le tegole piane vengano a combaciare con precisione, avviene soventi che le coperture in cui trovansi esse impiegate non guarentiscono abbastanza bene dalle piogge e dalle nevi, e che delle abbondanti filtrazioni si introducono nelle commessure per ove trapelano nell'interno, con grave danno delle incavallature e dei soffitti. — I limiti d'inclinazione che conviene assegnare alle coperture con tegole piane si possono ritenere di 20° e 60°.

Per coprire alcuni edifizi e principalmente sulle cupole, si è fatto soventi uso di tegole piane terminate in basso con un semicircolo in modo da imitare le squame dei pesci (*fig.* 403). Le coperture così formate, che presso a poco si mettono in opera come quelle di tegole piane, di cui venne data la rappresentazione nella figura 402, risultano di assai bell'aspetto, sono meno pesanti delle altre, e di più le tegole assai prontamente lasciano gocciolare le acque le quali, allorquando non sono molto abbondanti, tendono tutte a riunirsi nel punto più basso. Questo sistema però esige che le tegole siano perfettamente piane, e senza dubbio la difficoltà di poter questo ottenere è la causa per cui esso su ampia scala non venne mai messo in pratica.

340. **Coperture con tegole ad incastro**. — Da pochi anni si impiegano a Parigi delle tegole piane che assai bene soddisfano al triplice scopo di diminuire il peso delle coperture, di renderle impermeabili e di prestarsi ad ottenere dei coperti di assai bell'effetto. Queste tegole hanno quadrate le facce superiore ed inferiore e si pongono in opera in modo da essere orizzontale una delle diagonali e l'altra diretta per conseguenza secondo la linea di maggior pendìo della superficie che si copre. Sui due lati della tegola, i quali devono trovarsi verso il basso, vi sono due risalti contro la superficie inferiore, e sugli altri due lati i risalti sono della parte della superficie superiore. La figura 404 mostra come queste tegole reciprocamente s'incastrano nella composizione di una copertura, e la figura 405 dà la prospettiva di una di esse vista dall'alto. L'armatura su cui immediatamente sono fissate le tegole, mercè un risalto che esse portano contro la loro superficie inferiore presso il vertice che deve rimanere in alto, è generalmente analoga a quella di cui si è data la rappresentazione nella figura 402, ossia è costituita da panconcelli e da listelli. — I comignoli, i displuvii ed i compluvii si fanno mediante tegole curve le quali generalmente si mettono in opera con malta.

Le figure 406 e 407 fanno vedere un altro sistema di copertura mediante tegole ad incastro, dette *tegole Josson* dal nome del loro inventore. Queste tegole, come le precedenti, hanno il vantaggio di non doversi di molto sovrapporre nel loro collocamento in opera, ed a motivo dei risalti che portano all'ingiro e delle nervature di cui sono decorate si possono fare con piccolo spessore e quindi assai leggiere. L'intelaiatura, su cui le tegole immediatamente appoggiano, è costituita di panconcelli e di listelli, e quelle sono a questi fermate mediante un dente che trovasi contro la superficie inferiore e nel modo indicato dalla figura 407.

All'Esposizione universale del 1855 in Parigi venne accordata una medaglia di prima classe ad un sistema di tegole, dette *tegole Gilardoni*, ideate nell'intento di ottenere coperture poco pesanti e che nulla lascino a desiderare dal lato dell'impermeabilità. La figura 408 rappresenta in prospettiva una di queste tegole, e la figura 409 fa vedere come esse si mettono in opera nella formazione di una copertura: ciascuna è mantenuta, mediante due risalti esistenti contro la superficie inferiore, sopra listelli, e si incastra nella tegola immediatamente inferiore mercè una piccola linguetta che passa sotto la nervatura longitudinale in risalto sulla faccia superiore.

Il peso delle coperture fatte con tegole ad incastro si può ritenere da 40 a 50 chilogrammi per metro quadrato.

341. Coperture in lastre di pietra. — Sono buone per coperture tutte le pietre le quali con facilità si dividono in lastre sottili, dure, leggiere, piane e di spessore uniforme, che non assorbono acqua e che regolarmente si possono tagliare senza infrangersi. Le lastre di pietra-lavagna, conosciute col nome di *ardesie*, sono quelle che meglio convengono alla costruzione delle coperture, ed ecco come generalmente vengono esse messe in opera: sopra i panconcelli della falda per la quale vuolsi fare la copertura si dispone un tavolato colle tavole orizzontalmente collocate nel senso della loro lunghezza, unite a filo piano o poste a piccola distanza le une dalle altre, in modo che le loro intestate non si trovino mai successivamente su uno stesso panconcello, e saldamente inchiodate; le ardesie, a dovere refilate, si posano sull'ora detto tavolato per filari orizzontali incominciando dalla gronda; ben si allineano in basso colla cordicella; con ogni cura si costituisce ogni filare con ardesie delle stesse dimensioni; e si fa in modo che il filare, il quale si mette in opera, copra quello inferiore pei duo terzi di sua altezza, che il mezzo di ogni ardesia corrisponda alla commessura delle due ardesie immediatamente sottoposte, e che ciascuna lastra risulti fissata al tavolato con due buoni chiodi, i quali dovranno essere coperti dal ridosso del filare superiore per impedire all'acqua di trapelare sotto la copertura. Le ardesie di maggiori dimensioni preferibilmente verranno impiegate per il filare di gronda al quale si lascia generalmente un aggetto di metri 0,08 a 0,10 dal tavolato sottoposto, praticando un piccolo incavo nella parete inferiore affinchè possa servire da gocciolatoio. Negli edifizi di una certa importanza i pareggiamenti degli spigoli saglienti e degli spigoli rientranti si fanno mediante lastre di piombo che ricoprono le ardesie nel primo caso, e che sono coperte nel secondo. Nelle costruzioni ordinarie i comignoli ed i displuvii si rivestono con tegole curve, e per i compluvii si adopera il medesimo sistema. Nella figura 411 si ha la rappresentazione di una di tali coperture stabilita sopra un tavolato in cui le tavole sono collocate a piccola distanza l'una dall'altra.

Le coperture di ardesie, a seconda della grossezza delle lastre, hanno pesi diversi, e per ogni metro quadrato si può ritenere: che sia di 40 a 55 chilogrammi il peso dei coperti di ardesie sottili, dette *abbadini*, usate a Genova e dintorni ed assicurate con malta di calce; che sia di 70 a 85 chilogrammi quello delle ardesie grosse

con spessore di metri 0,018 usate in Genova nelle regioni più esposte ai venti; e che sia di 90 a 110 chilogrammi quello delle ardesie grossolane irregolari. — I limiti delle inclinazioni da assegnarsi ai coperti di ardesie sono 18° e 45°.

In Torino ed in altre località del Piemonte sono molto usate per coperture le lastre in pietra di Barge aventi lo spessore di metri 0,026. Queste coperture si fanno ben soventi adottando lastre di forma quadrata che si dispongono con una diagonale orizzontale e coll'altra nel senso del massimo pendìo della falda da coprirsi in modo che le lastre d'ogni filare si trovino disposte a ridosso su quelle del filare inferiore per non meno di metri 0,12, e fermandole mediante chiodi o mediante uncini al tavolato qualora il pendìo del tetto sia talmente pronunciato da esservi il minimo pericolo di sdrucciolamento. Queste coperture riescono sempre molto pesanti e difficilmente si può ottenere che il peso sia minore di 100 chilogrammi per metro quadrato. I filari di gronda e quelli di comignolo sono costituiti con lastre non intiere, e nei compluvii e displuvii accuratamente bisogna tagliare le pietre, affinchè vengano a coprirsi sul loro spessore. Per impedire poi qualunque passaggio dell'acqua nelle commessure sui comignoli, sui displuvii e sui compluvii si può far uso di tegole curve messe in opera con malta colla convessità in alto lungo gli spigoli saglienti e colla concavità in basso lungo gli spigoli rientranti, oppure di lastre di piombo disposte come si è detto parlando delle coperture di ardesie.

342. **Coperture di piombo** — La duttilità del piombo è la principale proprietà che rende questo metallo eminentemente atto per fare coperture di edifizi; a motivo però delle alterazioni a cui va soggetto, tanto per lo strato d'ossido del quale esso si copre quanto per le dilatazioni e per le contrazioni che subisce nelle variazioni di temperatura, è necessario di impiegarlo sotto forma di lastre di spessore relativamente grande, per cui ordinariamente ne risultano coperture assai pesanti e soprattutto molto costose. In vista di questo si ha ricorso al piombo solamente per coperture di importanti edifizii, e principalmente per le parti che presentano forme un poco tormentate, quali sono le cupole; ed è nella copertura di comignoli, di displuvii e di compluvii di tetti che questo metallo ha le sue più usuali applicazioni.

I fogli di piombo abitualmente impiegati per coperture hanno da 4 a 5 metri di lunghezza, per 1 a 2 metri di larghezza e con spessore di metri 0,0022 a 0,0045. Essi si mettono in opera per corsi

orizzontali disponendoli colla loro larghezza nel senso del pendìo della faccia del tetto che si costruisce, e si procede generalmente in questo modo: sui panconcelli si stabilisce, siccome lo dimostra la figura 412, un tavolato cogli assi uniti a filo piano o, più economicamente, spaziati l'uno dall'altro tutto al più per una distanza eguale alla larghezza delle tavole stesse; e queste tavole, mediante due chiodi si fermano ai panconcelli, a ciascuno dei quali verrà in basso inchiodata una piattina in ferro foggiata a mo' di uncino. Le estremità di tutti gli uncini dovranno trovarsi sopra l'orizzontale corrispondente alla gronda del tetto, e sono essi destinati a ricevere ed a ritenere il filare più basso di fogli di piombo, ciascuno dei quali si mette in opera collocandolo nei detti uncini, distendendolo e facendo in modo che ben si applichi al tavolato col batterlo mediante un mazzuolo in legno, e finalmente fermandolo in alto a ciascun panconcello mediante robusti chiodi. I fogli lateralmente si collegano gli uni agli altri rivoltandoli da una parte e dall'altra al di sotto in guisa che si possa far entrare l'orlo piegato dell'uno entro la piegatura dell'altro, essendovi però ancora tanto giuoco nelle connessioni da permettere le contrazioni e le dilatazioni del metallo. Collocato il primo filare di fogli di piombo, si procede nello stesso modo per lo stabilimento del secondo, e si continua così finchè si giunge al comignolo il quale verrà guernito di pezzi di fogli di piombo disposti come in sezione trasversale lo dimostra la figura 410. I diversi filari di fogli di piombo si pongono a ridosso l'uno sull'altro di metri 0,08, ed i risvolti laterali dei fogli di ogni corso si fanno entrare in quelli dei fogli del corso immediatamente superiore, in guisa che tutte le costole si trovino in linea retta nel senso del pendìo della superficie della copertura. — Sulle linee di displuvio e su quelle di compluvio si possono unire i fogli mediante incastro di risvolti alternati in modo analogo a quanto si è detto doversi fare quando un foglio qualunque di un filare si connette al suo vicino, od anche si può far uso di pezzi di piombo disposti a ridosso gli uni sugli altri e fermati come si è detto pel comignolo.

Le coperture di piombo si possono anche fare in modo più economico operando come segue: l'orlo superiore dei fogli si ingi-nocchi pel disotto ad angolo retto per una larghezza di metri 0,03; gli orli laterali si rivoltino di questa stessa larghezza, da una parte al disopra e dall'altra al disotto in guisa che si possa, posando i fogli gli uni di contro agli altri, far entrare l'orlo piegato dell'una nella piegatura dell'altro; i fogli così preparati si mettano in opera,

incominciando dal filare inferiore, sopra un tavolato di assi posti a distanza l'uno dall'altro inchiodando gli orli superiori sui fianchi degli assi mediante chiodi da piombaio; e finalmente nel passare da un filare all'altro si copra il filare immediatamente inferiore per una larghezza non minore di metri 0,06. I pezzi di lamina di piombo formanti il comignolo, i displuvii ed i compluvii, posti a ridosso l'uno sull'altro di metri 0,08, verranno inchiodati al tavolato, e nel fare quest'operazione si avrà cura di allargare i buchi per cui i chiodi attraversano i pezzi stessi nel senso della loro larghezza, affinchè le dilatazioni ed i restringimenti causati dalle variazioni di temperatura non producano contorsioni e strappamenti; per impedire poi che le acque penetrino in questi buchi si salderà sopra ciascuno di essi una *piastrella* di piombo.

Per le coperture in fogli di piombo, ed in genere per tutte quelle metalliche a facce piane convengono le inclinazioni di 18° a 25°, e pesano esse 53 chilogrammi per metro quadrato allorquando sono fatte con fogli dello spessore di metri 0,0045.

343. **Coperture in fogli di rame**. — Le moderne coperture di rame si fanno mediante fogli di tal metallo, ridotti talvolta a spessore così piccolo da essere necessaria la stagnatura per otturare le piccole fenditure che si fanno nella laminazione, che sono dapprima impercettibili, ma che poi non tardano ad allargarsi in seguito dei movimenti di dilatazione e di contrazione. La stagnatura può essere fatta da ambedue le parti dei fogli di rame, e questo si pratica quando sono essi molto sottili; ordinariamente però si stagna soltanto la parte inferiore; oppure, ciò che sembra miglior partito, si dà ai fogli un sufficiente spessore e si lascia la stagnatura. Le coperture fatte con fogli di rame non stagnato si ossidano alla loro superficie, ma questo ossido costituisce una sottile crosta molto dura, insolubile nell'acqua, che perfettamente aderisce al metallo e che serve a preservarlo da ulteriore ossidazione. — I fogli di rame che più abitualmente vengono impiegati per coperture hanno la lunghezza di 52 pollici, pari a metri 1,407, la larghezza di 42 pollici, corrispondenti a metri 1,137 e, secondo il loro spessore, vengono designati in commercio con numeri che corrispondono ai pesi dei fogli espressi in libre. Così il numero 25 pesa 25 libre per foglio, ossia chilogrammi 7,625 per metro quadrato; il numero 20 pesa 20 libre per foglio, ossia chilogrammi 6,10 per metro quadrato. I fogli di zinco compresi dal numero 20 al numero 25 sono quelli che meglio convengono per coperture ed hanno spessore sufficiente per non essere necessaria la stagnatura. In alcune cir-

costanze, volendosi l'estrema leggerezza, si sono fatte delle coperture con fogli di numero inferiore al 20 e si discese persino al 9, prendendo però la precauzione della stagnatura.

Le coperture in fogli di rame si fanno in modo analogo a quelle in fogli di piombo, ed in genere come tutte le coperture metalliche, in modo da lasciare liberi tutti i movimenti che nei fogli possono avvenire per dilatazioni e per contrazioni. Ciascun foglio vien generalmente fermato alla sua parte superiore mediante viti o chiodi sopra il tavolato, costrutto sui panconcelli e posto a ridosso sul foglio immediatamente inferiore per metri 0,10, e si connette ai fogli laterali come si è indicato parlando delle coperture di piombo. Per opporsi al sollevamento dei fogli nella loro parte inferiore si saldano al disotto di ciascun di essi almeno due fibbiagli coi quali ogni foglio è mantenuto contro quello immediatamente inferiore.

L'indicato sistema di copertura in rame non è il solo che possa essere impiegato, ed eccone un secondo, rappresentato dall'alto in basso, ed in proiezione dal basso in alto nella figura 413, nel quale i fogli di rame si trovano stabiliti, non più sopra un tavolato, ma sibbene sopra un'armatura di ferro. Le spranghe in ferro *a*, le quali tengono il luogo dei panconcelli, si collochino a distanza di circa metri 0,50 da asse ad asse, e si rileghino con chiavarde orizzontali *b*, aventi pure l'indicata distanza: nel mezzo di ciascuna chiavarda si ponga una piastretta, che alla chiavarda stessa si avvolga e la quale, saldata sotto il foglio di rame, si opponga a che questo si sollevi. Ciascun foglio ricopra di metri 0,10 il foglio immediatamente inferiore, e la sua estremità inferiore si munisca al disotto di due fibbiagli ad esso saldati, i quali, senza porre ostacolo ai movimenti causati da variazioni termometriche, mantengano ciascun foglio contro quello che ricoprono. Le connessioni laterali siano tali che da una parte l'orlo piegato di ogni foglio copra quello del foglio attiguo e che dall'altra invece sia coperto. Trovandosi le spranghe *a* più alte delle chiavarde *b*, e volendosi che i fogli di rame ben si adattino tanto su quelle quanto su queste, si avranno sulla copertura, oltre le nervature provenienti dalle connessioni laterali dei fogli, altre minori in corrispondenza di ciascuna delle spranghe *a*.

Il sistema di far direttamente appoggiare i fogli di rame sopra pezzi di ferro sembra dover presentare qualche inconveniente, giacchè, sotto l'azione dell'umidità che soventi si osserva sulla faccia inferiore delle coperture metalliche, è probabile la produzione di azioni galvaniche e quindi di distruttive ossidazioni.

344. Coperture in lastre di zinco. — Da poco tempo si è introdotto l'uso delle coperture di zinco, le quali fra tutte le coperture metalliche si possono dire quelle il cui studio più importa al costruttore, a motivo dei grandi vantaggi economici che esse presentano.

Lo zinco esposto all'aria, al pari del rame, si copre di un sottile strato di ossido che è perfettamente aderente, insolubile nell'acqua ed anche capace di preservare il metallo sottostante: meno duro e meno tenace del rame, ma più del piombo, è esso fornito di grande affinità per l'ossigeno ed ha l'inconveniente di molto dilatarsi e di molto restringersi al sopravvenire di cangiamenti di temperatnra, di essere poco duttile ed in breve tempo di diventare agro e fragile; per cui nell'esecuzione di coperture in zinco accuratamente deve badare il costruttore a che non si trovi lo zinco in contatto umido col ferro, perchè altrimenti si svilupperebbe una pila galvanica, la quale avrebbe per effetto di produrre delle rapide corrosioni, che i fogli in nessuna parte risultino talmente piegati da presentare essi delle soluzioni di continuità, e che in nessun senso vi siano dei gravi ostacoli ai movimenti causati da dilatazioni e da contrazioni.

In quanto al timore che le coperture di zinco possano contribuire a rendere assai più gravi i danni di un incendio a motivo della proprietà che esso ha di infiammarsi ad una temperatura non molto elevata, sembra che esso non sia tanto grave quanto pare a primo aspetto, giacchè, fondendosi questo metallo ad una temperatura inferiore a quella che esige la sua volatilizzazione, in caso d'incendio cadrà esso come il piombo prima d'infiammarsi, e generalmente andrà a coagularsi tra le ceneri e sul suolo dove difficilmente potrà essere portato ad una temperatura superiore a quella di fusione.

I fogli di zinco che si trovano in commercio hanno ordinariamente la lunghezza di metri 1,944, la larghezza di metri 0,486, o di metri 0,648 o di metri 0,810, e si distinguono per numeri relativamente al loro spessore. I fogli di zinco che trovano delle utili applicazioni nelle coperture sono quelli compresi dal numero 14 al nnmero 20, ed ecco nella seguente tavola il loro spessore in metri ed il loro peso in chilogrammi per ogni metro quadrato.

N° 14	spessore metri	0,00085	peso chil.	6,07	per m. q.
» 15	»	0,00094	»	6,74	»
» 16	»	0,00103	»	7,40	»
» 17	»	0,00113	»	8,06	»
» 18	»	0,00132	»	9,40	»
» 19	»	0,00150	»	10,81	»
» 20	»	0,00169	»	12,13	»

Le coperture in zinco si fanno abitualmente disponendo i fogli in tre modi diversi e quindi si conoscono: le *coperture in grandi fogli* in cui vengono questi impiegati colle dimensioni fornite dal commercio; le *coperture in piccoli fogli* risultanti dalla divisione delle lastre che si trovano in commercio, e le *coperture in fogli scanalati*.

345. **Coperture di zinco in grandi fogli.** — In parecchie circostanze sonosi eseguite delle coperture di zinco in grandi fogli tenendo un metodo in tutto analogo a quello che per il primo venne indicato parlando delle coperture in fogli di rame, ed è forse questa una delle cause per cui si gittò da parecchi costruttori il discredito su tal sistema di copertura, giacchè si è riconosciuto che, a motivo della grande dilatabilità dello zinco, i fogli in breve tempo si deformavano, le connessioni si aprivano, e l'intiera copertura sovente diventava inservibile. Il vizio non sta nel generale sistema della copertura, ma piuttosto nel modo di applicarla, ed in quello che segue si esporrà un metodo che già in alcune circostanze venne messo a prova e che condusse ai più soddisfacenti risultati, il cui carattere distintivo sta in ciò che i fogli si innalzano sui bordi contro regoli generalmente di abete, disposti nel senso delle linee di massimo pendio della falda che si copre, ed i quali sono in risalto sulla superficie di detta falda, e che in seguito vengono coperti da cappelli di zinco formanti copri-giunti, i quali cappelli sono mantenuti sui detti regoli mediante viti o mediante altri ritegni.

Supponendo che vogliasi fare una copertura con fogli aventi la larghezza di metri 0,810, si collocano i panconcelli a distanza di metri 0,400 da asse ad asse, ed il tavolato si eseguisce mediante asserelli d'abete aventi lo spessore di metri 0,012 e la larghezza di metri 0,12. Questi asserelli si mettono in opera lasciando fra l'uno e l'altro un vano della larghezza di circa metri 0,01 e fermandoli a ciascun panconcello mediante due chiodi. I regoli d'abete si pongono da asse ad asse ad una distanza doppia di quella assegnata ai panconcelli fissandoli con chiodi aventi la lunghezza di

circa metri 0,06 e posti l'uno dall'altro alla distanza di metri 0,50. Ciascun regolo esattamente corrisponderà ad un panconcello, e la sua sezione sarà quella di un trapezio regolare avente la base inferiore di metri 0,05, la base superiore di metri 0,03 e l'altezza pure di metri 0,03. Preparato, come or ora si è detto, il tavolato sul quale devono essere distesi i fogli di zinco, ecco come si procede nel porre in opera questi ultimi: tutto al lungo della falda di tetto che vuolsi coprire, come in sezione appare dalla figura 414, si collocano e si fermano al tavolato dei fogli di piombo *a*, ed al disopra di questi fogli si colloca una fila orizzontale *b* di lastra di zinco larga metri 0,16 a ridosso di metri 0,12 sopra i fogli di piombo e saldamente inchiodata al tavolato; il primo filare di fogli di zinco *c*, ripiegati al disotto per una lunghezza di metri 0,05, si fa passare sotto la detta fila di lastre di zinco, in alto si piega pure, ma in senso inverso, per una lunghezza di metri 0,05 e, siccome in sezione lo dimostra la figura 415, si assicura a fermagli *d* inchiodati al tavolato in numero di tre per ogni foglio; la connessione del secondo filare *e* di fogli di zinco si pratica facendo entrare la sua parte piegata al disotto entro la piegatura del foglio *c* in modo da abbracciare la parte uncinata del fermaglio *d*, e così si procede finchè l'intiera falda sia coperta. — L'estremità di ogni foglio non arriva sino al fondo della piegatura di quello che lo riceve affinchè non risultino contrastate le variazioni di lunghezza a cui i fogli vanno soggetti. Lateralmente ciascun foglio si rileva ad angolo ottuso per una lunghezza di metri 0,03, e due fogli attigui si ricoprono con un cappello *e* il quale, come in sezione appare dalla figura 416, esattamente ad essi non si applica onde evitare i dannosi effetti della capillarità. I diversi cappelli disposti su una medesima linea dalla cima al fondo della falda del tetto vanno collocati a ridosso e fissati mediante quattro viti a legno. La testa di ogni vite riposa su un piccolo disco di zinco ed è coperta da una piccola calotta del medesimo metallo, la quale è saldata al cappello e che ha per iscopo di preservarlo dai guasti che vi può apportare l'umidità. I fogli di zinco sono lateralmente trattenuti da fermagli *f* che passano sotto i regoli d'abete. I compluvii si fanno in piombo o anche con fogli di zinco fissati al tavolato con chiodi in ferro galvanizzato. Nel senso dei displuvii si collocano dei regoli di abete con sezione trapezia della larghezza media di metri 0,05, i fogli di zinco concorrenti agli stessi displuvii si rilevano ad angolo ottuso sui fianchi dei detti regoli, e, come si è detto doversi fare per le congiunzioni laterali dei diversi fogli, si mantengono a

posto con fermagli e si coprono con cappelli. — Il medesimo sistema si segue pel comignolo, oppure, ciò che sembra preferibile, ma che è più dispendioso, si ricopre con fogli di piombo di metri 0,002 di spessore, i quali si fissano sul regolo inchiodato nel senso del comignolo e si fanno venire a ridosso della copertura in zinco dall'una e dall'altra parte per una larghezza di metri 0,10 a 0,12. — La figura 417 rappresenta un fragmento di copertura in zinco eseguito col metodo or ora indicato.

Nel descritto sistema di copertura, trovandosi tutti i cappelli inchiodati, non sono permesse le dilatazioni e le contrazioni nel senso della loro lunghezza, le quali d'altronde non riescono mai così grandi da apportare guasti sensibili nel complesso delle coperture; e qualora vogliasi togliere anche questo inconveniente basta fermare ciascun cappello al sottostante regolo mediante un sol chiodo piantato presso la sua estremità superiore, e mantenerlo a posto mediante due o tre fermagli disposti sul regolo stesso.

Allorquando vuolsi fare una copertura in zinco sopra una falda di tetto poco inclinata si saldano i diversi fogli alle loro estremità; e allora, fra due corsi successivi di regoli, la copertura può essere considerata siccome composta di fogli in un sol pezzo i quali, atteso la considerevole loro lunghezza, vanno soggetti a ragguardevoli variazioni, per cui alla loro parte inferiore bisogna lasciare un sufficiente giuoco per le dilatazioni e per le contrazioni.

346. **Coperture in piccoli fogli di zinco.** — Consiste questo sistema nell'impiegare dei fogli di zinco aventi da metri 0,32 a metri 0,50 per lunghezza e da metri 0,28 a metri 0,32 per larghezza. Questi fogli si fissano sopra il tavolato costituito di assi posti sui panconcelli in modo da trovarsi un po' spaziati fra di loro e si collocano a ridosso gli uni sopra altri. La figura 418 fa vedere una disposizione che dai pratici è riputata molto conveniente e che venne anche raccomandata da Poncelet. I piccoli fogli di zinco hanno circa metri 0,33 d'altezza per 0,28 di larghezza. Ciascuno d'essi porta, da una parte un risvolto alto metri 0,012, dall'altra una piegatura onde poter coprire il risvolto del foglio adiacente; vien fissato sul tavolato mediante due chiodi in zinco collocati nella sua parte superiore, e si copre col foglio immediatamente superiore per una lunghezza di metri 0,05 a 0,06. Per ottenere che i diversi fogli siano isolati dove si ricoprono, sono muniti generalmente in basso e verso la loro superficie inferiore di un piccolo risalto *ab* (*fig.* 419), e nella parte superiore portano due piccoli rilievi inclinati *c* e *d*. L'intervallo esistente fra i detti due rilievi permette lo scolo

dell'acqua proveniente da condensazione che soventi si verifica al disotto delle coperture metalliche. Un fermaglio, collocato in basso ed al disotto di ciascun foglio, serve a mantenerlo contro il foglio immediatamente inferiore.

Il descritto sistema di copertura con piccoli fogli di zinco dà dei buonissimi risultati; il suo uso però non è molto esteso, giacchè è più dispendioso di quello descritto al precedente numero ed in cui si adoperano dei grandi fogli.

347. **Coperture con fogli scanalati di zinco.** — In questo sistema di copertura con fogli di zinco le scanalature sono dirette nel senso del pendio della falda che si ricopre, ed i diversi fogli si pongono in opera presso a poco come nel numero precedente si è detto doversi fare per le coperture di zinco in piccoli fogli. Questo sistema presenta due rimarchevoli vantaggi sugli altri: il primo sta nel permettere il facile scolo delle acque; il secondo nell'essere favorevole alla conservazione del tavolato, giacchè si stabilisce fra le parti saglienti delle scanalature e gli assi una ventilazione la quale si oppone all'azione distruttiva dell'umidità.

Il prezzo piuttosto elevato delle coperture in zinco con fogli scanalati è la causa principale per cui esse non si vedono applicate su ampia scala.

348. **Coperture in lastre di ferro.** — Nell'Inghilterra, nella Svezia, nell'Alemagna, e principalmente nella Russia, numerosi ed importanti edifizi, già da lunga data, sono coperti con lamiera in ferro. In Francia non si sono finora fatte che alcune poche prove per applicare il ferro alla copertura degli edifizi, ed in Italia si può dire questo sistema quasi totalmente sconosciuto.

Nell'Inghilterra si fanno rimarcare delle coperture fatte in lamiera scanalata, incurvate secondo un arco a monta più o meno depressa, dove tutti i fogli i quali entrano nella loro composizione sono riuniti mediante chiodi ribaditi a caldo, e costituenti quasi altrettanti coperchi che semplicemente appoggiano sui lati senza alcun punto d'appoggio intermedio e che, a motivo della rigidezza proveniente dalla qualità della materia e dalle scanalature, non sono soggetti a sensibili deformazioni.

Nella Russia le numerose coperture in lamiera di ferro che si riscontrano hanno disposizione diversa. I fogli sono piani ed abitualmente ammettono la lunghezza di metri 0,70, la larghezza di metri 0,50 e lo spessore di metri 0,0008; trovansi immediatamente disposti sopra regoli in legno della squadratura di metri 0,06 a 0,08, collocati orizzontalmente e per conseguenza facenti uffizio di

arcarecci nel complesso della copertura, e spaziati di metri 0,18 a 0,20 da asse ad asse. Questi fogli si collocano colla lunghezza nel senso del pendio della falda di tetto che si copre a ridosso l'uno sull'altro, si connettono lateralmente opportunamente piegandoli, e mediante fermagli pure in lamiera sono mantenuti a posto. Si preservano queste coperture dall'ossidazione che in breve tempo le distruggerebbe coprendole con diversi strati di pittura ad olio che frequentemente si ha cura di riunovare.

In alcune parti della Prussia e della Polonia si vedono dei campanili coperti di latta, la quale per lunghissimo tempo conserva tutto il suo splendore.

I sistemi di copertura in lamiera di ferro or ora indicati non riescono bene nei nostri climi, dove il ferro si ossida con grande rapidità se non si rinnovano con troppa frequenza le inverniciature destinate a preservarlo, e dove la latta, esposta all'aria ed alle intemperie, in breve tempo perde il suo color lucente e consuma. Quanto però succede alla latta ossia alle lastre di ferro stagnate non avviene per le lamiere di ferro zincato o galvanizzato, le quali impiegate per coperture danno dei buonissimi risultati. — Le coperture con lamiere galvanizzate si fanno come quelle in fogli di zinco, e quindi se ne costruiscono di quelle in grandi fogli, di quelle in piccoli fogli, e di quelle in fogli scanalati. Esse sono un po' più costose di quelle di zinco, ma hanno i vantaggi della maggior solidità, di dilatarsi meno e di resistere di più agli incendi.

349. **Coperture con vetri.** — Le coperture con vetri si fanno ordinariamente impiegando delle lastre che trovansi in commercio con svariate dimensioni onde adattarsi a tutti i bisogni della pratica. Queste lastre si dispongono sopra regoli di ferro, collocati nel senso del pendio della falda di tetto che vuolsi formare, i quali in sezione trasversale presentano generalmente la forma indicata dalle figure 420 e 421 secondo che vengono direttamente dal laminatoio o si vogliono formare con lamiera. I regoli mediante opportuni ritegni si mantengono fermi alle estremità ed in punti intermedi allorquando sono molto lunghi, e si collocano a tal distanza l'uno dall'altro che i vetri, disposti generalmente colla loro larghezza orizzontale, possano ben appoggiare alle sporgenze *a*, le quali difficilmente si estendono a più di metri 0,04 da una parte e dall'altra del gambo verticale *b*, senza che però vengano a toccare questo gambo affinchè le acque cadute sui vetri e che lateralmente tendono a riversarsi possano colare nei canaletti che portano i detti

regoli ed essere così portate via nel senso del pendìo della copertura.

Impiegandosi lastre la cui lunghezza non può estendersi nel senso della massima pendenza a tutta la falda che si copre, verranno esse collocate in modo che ciascuna sopravanzi per una lunghezza di circa metri 0,10 quella immediatamente inferiore, colla avvertenza però che ogni lastra ben appoggi lateralmente sui regoli per la massima parte di sua lunghezza, la qual cosa facilmente si ottiene ponendole in opera con mastice posto fra i regoli e la loro superficie inferiore, oppure facendo costrurre dei regoli colle sporgenze presentanti superiormente una superficie a risalti, lunghi come la parte di lastra che deve avere appoggio ed alti di qualche mezzo millimetro più dello spessore dei vetri.

L'inclinazione all'orizzonte che conviene assegnare alle coperture con vetri sta generalmente fra 15° e 25°, e, riconoscendosi il pericolo che le lastre collocate senz'altro sulle sporgenze dei regoli possano spostarsi per una qualunque delle cause che tendono a disgregare i varii elementi di cui le coperture sono formate, verranno esse trattenute mediante appositi fermagli o ritegni assicurati ai regoli di ferro e contro i quali le lastre verranno in basso ad appoggiare.

Il peso delle coperture con vetri è di circa 8 chilogrammi per ogni metro quadrato allorquando si impiegano lastre aventi lo spessore di metri 0,003.

Si fanno anche delle coperture con vetri foggiati a mo' di tegole curve che si mettono in opera precisamente come le tegole laterizie su sottili regoli di ferro.

Per difendere le copertnre con vetri dai danni che vi possono apportare le grandini è necessario munirle superiormente di una ramata valevole ad impedire che vengano a cadere sulla copertura almeno le gragnuole più grosse.

350. **Gronde e tubi per lo scolo delle acque.** — Il più semplice di tutti i sistemi per dar scolo alle acque pluviali che vengono a cadere sui tetti, consiste nel lasciarle liberamente gocciolare allorquando sono esse arrivate alle parti inferiori delle coperture seguendo o l'uno o l'altro dei modi indicati in sezione trasversale nelle figure 422 e 423, ed avendo l'avvertenza di adottare le opportune disposizioni dirette ad ottenere che non vengano a cadere i materiali posti sul filare di gronda. — Nelle disposizione della figura 422 i panconcelli *p* sono sporgenti per rapporto allo spigolo superiore *a* del sostegno del coperto, sono inchiodati ad una lon-

garina L e la copertura aggetta di alcuni centimetri sulle teste dei panconcelli. — La disposizione della figura 423 conviene allorquando dal basso si vuole solamente vedere il cornicione che serve di coronamento al muro o sostegno della copertura: i panconcelli *p* si fermano coi loro piedi in una longarina L; a ciascuno di essi inchiodasi un listello *p'* il quale con un suo estremo raggiunga la gronda; ed allora la copertura cangiando di pendio dove i listelli *p'* sono inchiodati ai panconcelli *p* può essere portata fino allo spigolo superiore *a* del cornicione, sul quale si lascierà aggettare di alcuni centimetri.

Il sistema di lasciar liberamente gocciolare le acque dai tetti allorquando sono esse arrivate alle gronde, se può convenire per edifizi piuttosto bassi non è da adottarsi su quelli che molto si elevano al disopra del suolo, giacchè, quando la copertura non si faccia molto sporgente, trovansi essi continuamente esposti ai danni che vi possono apportare le acque pluviali. Aggiungasi ancora che nei centri di numerosa popolazione le acque le quali in tempi di piogge abbondantemente verrebbero a cadere in prossimità dei fabbricati sarebbero di grave incomodo ai passaggieri, per cui in quasi tutte le città si prescrive di munire di canali le gronde dei tetti. Questi canali si fanno generalmente con fogli metallici e principalmente con fogli di latta, siccome in sezione trasversale lo dimostra la figura 424; si fissano abitualmente i piedi dei panconcelli *p* in una longarina L, ed il canale piega e si ferma sull'orditura di legname che porta la copertura propriamente detta, facendo in modo che questa trovisi a ridosso sulla parte piegata del canale per circa metri 0,10. Per formare i canali di gronda in latta, a seconda delle varie occorrenze, si impiegano fogli di latta sottile o fogli di latta forte, si incurvano ora nel senso della loro lunghezza ora nel senso della loro larghezza, si uniscono a giunture ricoperte di metri 0,012 a 0,015, si saldano con precisione, e finalmente si guarentiscono internamente mediante due mani di pittura ad olio. L'orlatura esterna dei canali di gronda in latta si arma generalmente di un filo di ferro involto nei fogli ed aventi il diametro di metri 0,004.

Per dar scolo alle acque raccolte nei canali di gronda, in parecchie circostanze, e se ne hanno numerosi esempli negli edifizi del medio evo, si prese il partito di armare i canali stessi di doccioni o di tubi di latta, assai sporgenti, convenientemente sorretti da ferri fermati al tetto o suggellati nei muri, aventi per iscopo di allontanare le acque dagli edifizi, che altrimenti verrebbero ad

essere danneggiati, e di portarle a cadere di distanza in distanza. Nelle moderne costruzioni i canali di gronda si muniscono di tubi in latta convenientemente spaziati. Questi tubi che, a seconda delle circostanze, si construiscono con fogli di latta sottile o con fogli di latta forte curvati in lunghezza o in larghezza, uniti e solidamente saldati tra di loro ed ai canali di gronda con giunture ricoperte di metri 0,012 a 0,015, si coprono con due mani di pittura ad olio, si mettono ordiuariamente in opera applicandoli presso le pareti esterne degli edifizi e si fermano mediante collari in ferro spaziati di circa 2 metri l'uno dall'altro e suggellati nei muri. L'indicato sistema, il quale è eccellente in quanto allontana ogni pericolo di filtrazioni nelle masse murali, non è applicabile agli edifizi di qualche importanza: in tali circostanze si possono lasciare nei muri perimetrali delle incavature verticali, rivestire le pareti di queste incavature di sostanze impermeabili all'acqua quali sono i cementi, allogarvi dentro i tubi di discesa dell'acqua e chiuderle esternamente mediante una sottile coperta di muratura. Avvenendo rottura nei tubi per ingorghi o per movimenti possibili nella costruzione in cui trovansi impiegati, o in seguito a congelamenti dell'acqua, l'acqua non potrà filtrare nella massa murale a motivo dello stato impermeabile di cui sono rivestite le pareti dell'incavatura, ed attraverso alla fodera esteriore si manifesteranno delle filtrazioni e delle abbondanti tracce d'umidità, le quali accuseranno i guasti avvenuti ed a cui si porrà ripiego abbattendo in parte o del tutto la fodera esteriore e rinnovando quelle parti di tubi che non possono più servire.

Invece di dar scolo alle acque mediante tubi in latta si può far uso di tubi in ghisa, ed in parecchi importanti edifizi il canale di gronda si fa in muratura rivestendolo internamente con un intonaco impermeabile o anche con fogli metallici beu saldati gli uni agli altri.

ARTICOLO II.

Coperture di muri e di vôlte.

351. **Coperture di tegole sopra muri e sopra vôlte.**— Prima di porre sopra muri e sopra vôlte delle coperture di tegole, siano esse piane, siano curve, è necessario di far spicconare e pulire tutte le commessure dei materiali sui quali la copertura deve essere posata fino alla profondità di metri 0,02, di lavarle con acqua di calce e di distendervi sopra quello strato di malta sul quale dovranno

essere collocate le tegole nel modo che conviene alla particolare loro configurazione. Presentandosi dei comignoli, dei displuvii e dei compluvii, si copriranno essi con tegole curve, le quali con ogni cura verranno stuccate di buona malta nelle commessure. — Le tegole per coperture sopra vôlte e sopra muri dovranno essere senza risalto d'attacco (num. 338, 339 e 340) contro la loro superficie inferiore se pur vuolsi che esse facilmente vengano a combaciare ed a porsi a ridosso con esattezza, e sarà necessario di prima far sparire il detto risalto quando esiste.

352. **Coperture in lastre di pietra sopra muri e sopra vôlte.**— Le avvertenze, che nel precedente numero vennero indicate per lo stabilimento di coperture di tegole sopra costruzioni murali, non si devono mai trascurare nell'eseguire delle coperture in lastre di pietra, le quali verranno messe in opera impiegando buona malta di calcina e diligentemente badando a che tutte le commessure risultino ben stuccate onde impedire le benchè minime filtrazioni. — Volendosi delle coperture di lunga durata si dovranno impiegare lastre con spessore maggiore di quello che hanno le ardesie e tutte le altre che abitualmente si impiegano per lo stabilimento di coperture sopra tavolati, qualora lo comporti la resistenza dell'opera sottostante, e basta consultare apposite opere di architettura per conoscere parecchi ingegnosi sistemi di coperture in pietra stati messi in opera in cospicui edifizi, e degni d'encomio sotto il duplice aspetto dell'impermeabilità e della decorazione.

353. **Cappe per vôlte.** — Allorquando vuolsi impedire che le acque, le quali possono trapelare a traverso di un pavimento o di un interro, vadano a danneggiare le sottostanti opere murali, come vôlti, timpani, piedritti, ecc., si distende sulla superficie della muratura che si vuol difendere uno strato di materie impermeabili all'acqua quali sono le malte cementizie ed i mastici bituminosi, ed è questo strato impermeabile che prende il nome di *cappa*.

L'applicazione delle cappe sopra vôlte non verrà mai fatta prima di un anno dalla costruzione di queste ultime, e dopo che saranno esse state disarmate e perfettamente assettate onde evitare le crepolature che hanno comunemente luogo coi cedimenti prodotti dalla lapidificazione murale e dal disarmamento. Le stagioni più opportune alla costruzione delle cappe sono quelle in cui si ha temperatura dolce ed umida e quindi quelle di primavera e d'autunno; e, dovendosi necessariamente costrurre una cappa nell'estate, bisognerà mantenere coperto con una tenda il sito in cui essa si stabilirà e, di mano in mano che il lavoro progredisce, coprirla con

tela, con paglia o con istuoie bagnate. — Le superficie murali su cui devonsi applicare le cappe verranno ben conguagliate e raschiate prima di dar cominciamento al lavoro.

Una cappa, terminata che sia, non deve presentare alla sua superficie superiore crepolature, bolli, porosità ed altri consimili difetti; e, siccome è provato dall'esperienza che le crepolature, le quali si manifestano in sul principio della costruzione di una cappa finiscono sempre per riaprirsi col tempo, per quanta cura si abbia nell'otturarle, bisogna usare nel lavoro tutte le cautele, cure ed attenzioni affinchè non succedano mai tali crepolature.

Nei numeri che immediatamente seguono si parlerà: delle cappe che si costruiscono con malte cementizie distinguendole in *semplici*, *doppie* e *composte* secondo che si fanno con un solo, con due e con più strati di malta; di quelle che si fanno mediante mastice bituminoso e che possono essere di *mastice colato* o *di mastice in fogli*.

354. **Cappe semplici**. — Si costruiscono queste cappe nel seguente modo: all'epoca conveniente per la loro applicazione si scalzano con cura tutte le commessure delle pietre e dei mattoni costituenti le opere murali sulle quali le cappe devono essere distese, usando per tal lavoro di un ferro appuntato onde togliere la malta che trovasi alla superficie e tutta quella che si mostra danneggiata; le commessure così scalzate si puliscono attentamente, si bagnano con acqua di calce, e quindi si rinzeppano a dovere mediante malta cementizia addensandola colla punta della cazzuola e con una spatola di ferro in modo da ottenersi una superficie scabra e bavosa; si distende uno strato della stessa malta cementizia dello spessore di metri 0,08 a 0,10 gettandola con forza e raschiando col tagliente della cazzuola le materie che non sembrano aderire al muramento ed alla rinzeppatura e quindi gagliardamente si liscia col dosso della cazzuola stessa; quando la malta cementizia comincia a lapidificarsi, cioè dopo 12 o 15 ore di riposo, si batte a piccoli colpi con un pestello di querce per vieppiù addensarla, poi di nuovo si conguaglia e si lascia asciugare; quando lo strato ha acquistata durezza sufficiente da potervi camminare sopra senza visibile impronta dei piedi, si comincia a ribatterlo col pestello, poi con verghe di nocciuolo lunghe da metri 0,80 ad 1 metro, col diametro di metri 0,015 a 0,02 e leggermente curvate e piatte all'estremità e questa battitura si eseguisce a più riprese ed incrociando i colpi in modo da far sparire le più piccole crepature umettando con acqua di calce la superficie dove esse si presentano; dopo si pulisce la superficie colla cazzuola e si liscia con un ciottolo piatto. Le cappe semplici

si ritengono come terminate allorquando, in seguito a ripetute battiture, si trovano ridotte con uno spessore metà circa del primitivo e che si riconoscono bastantemente consolidate e pulite, col gettarvi sopra dell'acqua che deve colare sulla superficie senza colorarsi. Raggiunto questo punto si dà alla sua superficie una prima mano d'olio di lino bollente e poi una seconda lisciandola e levigandola col ciottolo dopo l'applicazione di ciascuna mano d'olio.

La spatola di ferro che suolsi impiegare nella costruzione delle cappe ha presso a poco la forma di una soppressa da sarto con metri 0,10 di larghezza per metri 0,30 di lunghezza, cogli spigoli rotondati presentanti una superficie convessa ed alquanto piegata all'estremità.

Il pestello di legno di querce per battere le cappe è un pezzo di tavolone a base quadrata di metri 0,30 di lato e cogli spigoli arrotondati; la sua superficie inferiore presenta un po' di convessità, ed è manicato in isbieco ossia in modo da fare un angolo non retto colla superficie superiore del pezzo di tavolone.

355. **Cappe doppie.** — Per eseguire una cappa doppia, analogamente a quanto si è detto doversi fare per le cappe semplici, si scalzano, si puliscono, si bagnano con acqua di calce e si rinzeppano con malta cementizia le commessure che superiormente presenta l'opera murale da coprirsi, quindi si distende sopra un primo strato della stessa malta cementizia collo spessore di metri 0,06, e si conguaglia colla massima uniformità, lasciando però che la sua superficie sia scabra, affinchè succeda un buon collegamento col secondo strato. A quest'effetto si usano regoli o guide di legno aventi grossezza eguale a quello dello strato di malta che vuolsi porre in opera, parallelamente disposti a metri 0,50 di distanza; dopo distesa la malta cementizia si spargono su essa dei sassolini di grossezza non maggiore di una noce, i quali con un pestello di legno si conficcano nella malta in modo da sparire alla superficie; a più riprese si batte l'intiero strato con verghe di nocciuolo incrociando i colpi, e poi si copre con tele, con istuoie o con paglie, bagnate se lo si crede necessario. — Il secondo strato della cappa non è altro che un intonaco o scialbo fatto con malta cementizia passata al vaglio fino e dello spessore di metri 0,03. Questo secondo strato con uniformità si distende sul primo quando questo ha preso consistenza, col pestello di legno e colle verghe di nocciuolo si batte e si ribatte a più riprese finchè sia consolidato e lapidificato e finchè siano sparite le minime commessure, e quindi si liscia con acqua di sapone. — Così finito il secondo strato si

copre esso, per un'altezza di metri 0,20, mediante un cordolo di terra passata al graticcio, pestata e distesa col paniere. In questa operazione bisogna badare di non pestare la cappa, e per tale scopo sarà necessario di stabilire delle apposite corsie mediante tavole. Questa terra si conserva umida pel tempo necessario alla perfetta lapidificazione della cappa: quando essa viene tolta si netta e si leviga la superficie con una setola o con una spugna; e dopo si riparano con cura le più piccole crepature con malta cementizia e con acqua di sapone. Ciò fatto, si dà alla cappa una mano d'olio di lino bollente e con un ciottolo piatto si leviga la superficie; poi si dà una seconda mano d'olio freddo, si pulisce ancora col ciottolo e dopo questo la cappa è terminata.

356. **Cappe composte** — Si costruiscono le cappe composte distendendo sull'opera murale da coprirsi un primo strato di cappa formato con malta cementizia e con sassolini, e costruendolo colle norme indicate nel precedente numero per lo stabilimento del primo strato delle cappe doppie. Fatto il primo strato, ad esso se ne applicherà nella stessa guisa un secondo, e così di seguito, giusta lo spessore che deve presentare l'opera terminata. Nella formazione dell'ultimo strato più non si metteranno i ciottolini, e verrà esso eseguito colle norme prescritte parlando della costruzione del secondo strato delle cappe doppie.

La buona riuscita delle cappe composte è generalmente più facile di quella delle cappe semplici, per cui quasi tutti i pratici stimano prudente consiglio l'impiego delle prime nelle costruzioni di qualche importanza. Nel fare queste opere richiedesi molta attenzione ed una sorveglianza attiva e continuata; qualora nel corso dell'operazione si manifestino delle leggiere crepolature si procurerà di turarle battendone i labbri con forza dopo d'averli bagnati con acqua di calce per costringerli ad unirsi; e nel caso in cui la malta abbia già acquistato una troppa durezza o che le crepolature siano considerevoli, si dovranno esse aprire bastantemente per colarvi nuova malta ed operare il ribattimento con cura ed attenzione, affinchè la malta di fresco colata perfettamente aderisca alle pareti della crepolatura in cui venne colata.

357. **Cappe miste in malta cementizia coperte di lastre di pietra o di laterizi.** — In alcune circostanze, nella formazione delle cappe, agli strati di malta cementizia si sovrappone un pavimento od una copertura di lastre di pietra o di laterizi e si hanno allora quelle cappe che si dicono *miste*.

Quando il pavimento o la copertura che si deve sovrapporre va

eseguita in lastre, si devono impiegare pietre ben dure e resistenti all'azione dell'umidità: una volta scalzate, nettate, bagnate con acqua di calce e rinzeppate tutte le commessure che alla superficie presenta il masso murale da coprirsi, si distende su esso colla cazzuola uno strato di malta cementizia avente grossezza da metri 0,08 a 0,10, si dispongono dopo le lastre ben accostate le une alle altre; si comprimono per modo che la malta rifluisca fino alla metà inferiore delle loro commessure, e finalmente queste si rinzeppano e si stuccano a dovere con cemento.

Se invece il pavimento o la copertura deve essere in laterizi, come mattoni, pianelle o tavelle, si posano questi di piatto sopra il letto di malta ben serrati gli uni contro gli altri, si stuccano le loro commessure e sopra si distende un intonaco avente spessore di metri 0,03.

358. **Cappe di mastice bituminoso colato.** — Per fare questo lavoro si stabiliranno i fornelli destinati alla fusione del mastice bituminoso sul luogo del lavoro, ed un'importante attenzione da aversi, prima di porre il mastice in opera, è che il letto, sul quale si deve posare, sia perfettamente asciutto. Mentre il mastice si troverà nelle caldaie per la fusione, verrà esso rimestato con cura affinchè non si brucino le particelle che trovansi a contatto delle pareti, e sarà sempre vantaggioso di tenere chiuse, per quanto è possibile, le caldaie per accelerare la fusione del mastice ed in questo stato conservarlo al medesimo grado di calore. Per mettere in opera il mastice portato a fusione, si poseranno dei regoli o guide di legno a convenienti distanze, si fisseranno con chiodi, con pietre o con pesi qualunque, si puliranno a dovere le superficie da mastricciare, e quando il mastice incomincierà a bollire ed a svolgere su tutta l'estensione della caldaia dei vapori biancastri, subito si diminuirà il fuoco del fornello, con prontezza si riempirà un apposito recipiente o piccola caldaia calda mediante un cucchiaio di ferro, si andrà a versare il mastice contenuto in questa piccola caldaia tra le guide, mediante una larga cazzuola si distenderà esso colla massima uniformità possibile conguagliandolo sulla grossezza dei regoli, e sempre usando della cazzuola o anche di una spatola e di un pestello si farà in modo da ottenere una massa ben unita comprimendola tanto più forte quanto più va aumentando la sua consistenza onde renderla omogenea, ben addensarla, far crepare i bolli e scomparire tutti i pori che si formano alla superficie. Quando il mastice sarà già talmente duro da non poter più servire il maneggio della cazzuola o della spatola, rimanendovi dei

conguagliamenti e delle rettificazioni da eseguirsi, si farà uso dei ferri di saldatura, i quali dovranno essere bastantemente caldi da rammollire il mastice; ma non mai tali da fonderlo o da bruciarlo, del qual inconveniente si ha sicuro indizio quando sotto l'azione dei ferri di saldatura si svolgono dei forti vapori. Quest'osservazione è della massima importanza per non bruciare e polverizzare la superficie del mastice. Essendo ancora caldo lo strato di mastice già colato, si rifileranno gli orli onde togliere via quelle parti che non hanno la prescritta grossezza, ed a lato si verserà altro mastice bollente, avendo cura di farlo ben unire cogli orli contigui prima di distendere la materia negli altri sensi, affinchè i ferri di saldatura non servano più che a stuccare l'unione. — Una cappa di mastice colato si reputa fatta a dovere quando presenta una superficie lucida e liscia con frattura compatta e quando aderisce fortemente alla superficie su cui venne distesa.

359. **Cappe di mastice bituminoso in fogli.** — I fogli di mastice bituminoso hanno ordinariamente da 3 a 4 metri di lunghezza, da metri 0,6 a metri 0,8 di larghezza e da metri 0,015 a 0,020 di spessore. Le superficie piane o curve delle muratnre sulle quali vuolsi fare una cappa con fogli di mastice bituminoso dovranno essere conguagliate da uno strato di malta, lisciato prima colla cazzuola e fregato dopo col fratazzo, la qual malta si lascierà ben asciugare prima di applicarvi i fogli di mastice per potervi liberamente camminare sopra senza produrre la benchè menoma depressione. Ciascuno dei fogli che deve essere impiegato nella formazione della cappa si porta sul luogo avvolto ad un apposito cilindro, e nel porlo in opera si posa la sua estremità in modo che, svolgendolo dal detto cilindro, si sviluppi e si distenda nel suo preciso sito. Nel caso che non si riesca a così applicarlo, bisogna nuovamente avvolgerlo sul cilindro per riporlo in opera, evitando di farlo scorrere sullo strato di malta, sia per non apportar danno all'intonaco come per non guastare il foglio; trattandosi però soltanto di un lieve spostamento si può esso eseguire col fare sdrucciolare lentamente il foglio da portarlo al suo posto. I diversi fogli che si richiedono al compimento di una cappa si possono posare costa a costa ovvero a ridosso. — Nel primo caso, innanzi l'impiego, si distendono i fogli sopra un tavolato ben unito e poi si refilano negli orli con un coltello caldo a lungo manico che si fa scorrere lungo la traccia segnata nel tavolato stesso. I fogli così apparecchiati si pongono a sito lasciando fra l'uno e l'altro delle commessure larghe da metri 0,008 a 0,010, queste si riempiono di mastice fuso

e dopo il raffreddamento di quest'ultimo si conguaglia la superficie col ferro di saldatura convenientemente riscaldato. — Allorquando la copertura vuolsi eseguire con fogli posti a ridosso gli uni sugli altri si pongono essi in opera in modo che si coprano di circa metri 0,05 e, secondo il caso, si saldano o con un ferro caldo foggiato a lingua di bue che si fa passare fra un foglio e l'altro, oppure con mastice disteso sulla superficie da saldarsi mediante una setola. L'operazione di mettere in opera i fogli a ridosso si fa assai comodamente quando si incomincia dal basso della superficie da coprirsi e che si va verso l'alto. Quando però il lavoro è talmente lungo da esservi pericolo che le piogge possano apportare qualche disturbo, è miglior partito incominciare in senso opposto, affinchè non s'introduca l'acqua sotto i fogli già collocati; in questo caso si distende ciascun foglio alzando l'orlo del foglio immediatamente superiore.

360. **Cappe miste in mastice bituminoso coperte di lastre di pietra o di laterizi** — Le cappe in mastice bituminoso si fanno come venne indicato nei numeri 358 e 359, e solo rimane a vedersi come su esse si devono mettere in opera le lastre di pietra ed i laterizi allorquando sono perfettamente secche e dopo accurato pulimento.

Nel primo caso ciascuna lastra si posa sopra uno strato di malta, avendo cura che questo strato non oltrepassi gli spigoli della lastra e che non venga a congiungersi con quello attiguo, affinchè il mastice che poscia si deve colare nelle giunture possa ben collegarsi colla cappa della stessa materia; per la stessa ragione bisogna avere l'attenzione di non imbrattare la superficie della cappa in corrispondenza delle commessure. Il colo del mastice va fatto quando lo strato di malta sul quale posano le lastre di pietra è perfettamente secco; perciò ad uno ad uno si tolgono i listelli, si rinzeppano perfettamente le commessure mediante mastice fuso e bollente, e si lisciano con un ferro caldo. Qualora i declivi della cappa su cui si posa il lastricato siano talmente forti da lasciar colare il mastice dalle giunture ora dette, si turano i vuoti con istoppa, la quale si toglie appena il mastice sia coagulato, riempiendone i vuoti lasciati coll'addizione di nuovo mastice.

Per porre in opera dei laterizi, un ammattonato per esempio, sopra una cappa di mastice bituminoso si scelgono dei mattoni ben piani, perfettamente asciutti e netti, nel porli a sito si spalmano le loro superficie inferiori di mastice leggermente diluito coll'addizione di bitume, e quindi si posano sulla cappa costa a costa, coll'attenzione di subito coprire le commessure con listelli di legno,

affinchè non vi possano penetrare la polvere e l'umidità. Allorquando siansi così messi a posto parecchi laterizi, ad uno ad uno si tolgono i listelli e perfettamente si rinzeppano le commessure mediante mastice fuso e bollente, operando come già si è detto pei lastricati su cappa di mastice bituminoso.

261. Interri sopra cappe. — Soventi le cappe devono essere coperte da un interro, e nel fare quest'operazione accuratamente bisogna badare a che le terre non vengano ad otturare ed a rendere inservibili le cunette destinate a portar via l'acqua di trapelamento.

Per le cappe costituite di malte cementizie le cunette verranno coperte da un primo strato di pietrame diligentemente accomodato a mano, poi di ciottoli, di ghiaia e per ultimo di terra ben spianata e mazzarangata per cordoli regolari.

Prima di coprire con terra le cappe di mastice bituminoso bisogna ben arrotondare gli spigoli saglienti e farli con un doppio foglio nelle cappe eseguite con mastice in fogli, e questo affinchè non si rompano sotto il peso dell'interro. — Le cunette per le quali devono colare le acque si fanno ordinariamente con canali in pietra o con canali laterizi affine di togliere lo sfregamento delle ghiaiette trasportate dall'acqua coi fogli di mastice, e, per evitare ogni pericolo di trasmissione dell'umidità nella sottostante muratura, è bene involgere questi canali in un foglio di mastice saldato allo strato bituminoso formante la cappa. Per facilità di posatura le pietre di una stessa cunetta si fanno di egual grossezza ed i loro spigoli longitudinali si arrotondano onde non facciano da tagliente col produrre delle fenditure nei fogli di mastice. — Terminata una cappa di mastice e preparate le cunette come si è detto, si distende su quella e dove queste non esistono un primo strato di buona malta della grossezza di metri 0,02 a 0,03 in seguito a conguagliamento e lisciamento fatto colla cazzuola. Quando questo strato di malta sarà perfettamente secco, se ne applicherà un secondo di terra grassa ben impastata e ben mondata da materie straniere, alto da metri 0,20 a 0,30; e verrà questo battuto prima con pestelli leggieri, poi con altri più pesanti e piatti in modo da non lasciare alcun poro, e nel fare quest'operazione si avrà l'avvertenza di stabilire appositi tavolati per camminarvi sopra. Su questo strato di terra grassa se ne porrà uno di sabbia alto metri 0,10, poi un altro di ghiaia alto metri 0,20 e finalmente la terra. Le cunette si coprono come si è indicato per le cappe di malta cementizia cioè con pietrame accomodato, con ciottoli, con ghiaia e finalmente con terra.

CAPITOLO XI.

Opere per pavimenti.

362. **Assunto del presente capitolo.** — Al Capitolo III già si è parlato delle inghiaiate, delle selciate e dei lastricati, le quali tutte sono opere che servono alla costruzione di solidi pavimenti; all'articolo I del Capitolo IX si è tenuto parola dei tavolati ossia dei pavimenti eseguiti con tavole, ed è parlando degli *ammattonati*, dei *battuti* e dei pavimenti di mastice bituminoso che si porrà termine all'esposizione dei principali e più importanti lavori diretti ad ottenere pavimenti adatti alle diverse circostanze della pratica.

363. **Ammattonati e loro distinzione.** — Il nome di *ammattonato* si attribuisce a qualsiasi pavimento laterizio fatto con mattoni, con mattonetti o con pianelle.

Gli ammattonati di mattoni o di mattonetti si dicono *di punta, di costa* o *di piatto* secondo che i laterizi parallelepipedi che entrano nella loro composizione si posano colla massima, colla media o colla minima dimensione verticale. — Gli ammattonati di pianelle si costruiscono sempre collocando i laterizi di piatto, e si chiamano *comuni, a mezza rotatura* o *a rotatura intiera* secondo che le pianelle si adoperano quali vengono dalla fornace, dopo però di avervi tolte le bave, oppure da due lati refilate colla martellina e fregate tra loro nella parete superiore, o finalmente refilate colla martellina a perfetta squadratura e poi fregate sui lati e nel paramento prima con un pezzo laterizio o con una pietra comune da affilare e dopo con un altro pezzo della stessa pietra di grana più fina.

Gli ammattonati si stabiliscono sempre su un suolo ben conguagliato e resistente che può essere di terra battuta, di legno e di muramento, colla superficie parallela a quella che deve presentare il lavoro terminato e distante di una quantità eguale alla grossezza dello strato laterizio da porsi in opera, aumentata dalla grossezza dello strato di sabbia, di calcinaccio e di malta da collocarsi fra il suolo resistente ed i laterizi.

364. **Ammattonati di mattoni sopra un letto di sabbia.** — Questi ammattonati si stabiliscono generalmente sul suolo naturale, ed una volta conguagliata la sua superficie, secondo i livelli, le pendenze e gli allineamenti prescritti dalla natura del lavoro sia

con sterri sia con interri, si pesta questo suolo con una mazzaranga del peso di 10 a 12 chilogrammi, si copre con un letto di sabbia alto metri 0,02, e su questa si dispongono i mattoni, generalmente di costa, posandoli colla mano, battendoli col manico del martello, ben collegandoli ed allineandoli alla cordicella. Dopo il posamento di un tratto di ammattonato le commessure verticali si riempiono di sabbia fina, e tutta l'opera si ricopre con uno strato di sabbia alto metri 0,01.

Gli ammattonati sopra un letto di sabbia non si fanno quasi mai posando i mattoni di punta o di piatto; presentandosi però il caso di doverne eseguire si terranno le norme stesse che or ora sonosi indicate.

365. **Ammattonati di mattoni sopra un letto di malta.** — Se il lavoro deve essere eseguito con mattoni di piatto, una volta preparato il suolo sul quale si deve costrurre l'ammattonato, si distende su esso uno strato di sabbia secca o di calcinaccio con spessezza di metri 0,04 a 0,05, che ben si conguaglia e si pesta. Ciò fatto, il detto strato si ricopre con malta un po' molle, distesa in modo da costituire uno strato alto metri 0,02 e su questo si posano i mattoni di piatto dopo averli bagnati: nel posamento dei mattoni bisogna diagonalmente farli scorrere sulla malta, comprimerli in guisa che essa rigorghi nelle giunture fino alla metà circa della loro altezza, batterli col manico della cazzuola una volta giunti a sito, pulire e rinzeppare le commessure di mano in mano che vengono messi in opera. Una volta terminato l'intiero pavimento si stuccano con malta le commessure e quindi si liscia mediante la cazzuola.

Allorquando si vogliono costrurre degli ammattonati con mattoni posati di costa o di punta si osservano le stesse cure e norme indicate per quelli con mattoni di piatto.

Dovendosi stabilire degli ammattonati sopra masse murali, si sopprime lo strato di sabbia, e perfettamente si conguaglia, giusta i livelli e le pendenze richieste, la superficie superiore del muramento prima di distendere lo strato uniforme di malta, che servir deve di letto all'ammattonato.

366. **Ammattonati di pianelle.** — In generale si eseguiscono gli ammattonati di pianelle colle norme che vennero date pei pavimenti di mattoni di piatto. Preparato il suolo resistente sul quale il pavimento deve essere messo in opera, il qual suolo può essere in terra, in muratura o anche in legno, si distende su esso un letto ben conguagliato e battuto di sabbia secca o di calcinaccio, pas-

sati al vaglio fino, avente almeno metri 0,10 di grossezza, e questo primo letto si copre con uno strato di malta della spessezza di metri 0,02 e che si vien posando di mano in mano che si mettono in opera le pianelle. Queste vanno bagnate prima del loro impiego, si posano con cura sullo strato di malta, si dispongono a rombi per filari uniformi ed allineati alla cordicella, perfettamente a livello giusta le volute pendenze, si battono col manico della cazzuola in modo da far rigorgare la malta fino a metà circa delle giunture, le quali poi diligentemente si nettano e si rinzeppano con cemento stemprato nel latte di calce. Una volta finito un ammattonato di pianelle si procede a stuccare le commessure con cemento, e quindi a lisciarlo colla cazzuola, e dopo con un ferro tondo in guisa che rimanga totalmente scoperta la superficie delle pianelle.

Talvolta nella costruzione gli ammattonati con pianelle si aggiunge alla malta 1/8 di gesso impastato molle, e quest'addizione deve essere fatta al momento della mano d'opera onde impedire una troppo pronta presa.

367. **Ammattonati con pianelle spalmate per terrazzi.** — Sopra il suolo resistente che deve essere coperto dall'ammattonato, il qual suolo può essere murale od anche di legno, si distende un letto di malta idraulica o meglio di malta cementizia avente da metri 0,030 a metri 0,035 di spessezza; su questo letto si stabilisce colla stessa malta un ammattonato di pianelle verniciate, facendo rigorgare la malta fino alla metà delle giunture le quali dovranno avere circa metri 0,015 di larghezza ed essere rinzeppate di mastice bituminoso per la restante parte nel modo indicato al numero 360; e finalmente la superficie superiore del pavimento si intonaca prima con una mano di dipintura bituminosa e poi con una seconda di olio mescolato con minio.

368. **Battuti.** — Chiamasi col nome di *battuto* qualsiasi pavimento costrutto mediante sassolini rilegati fra loro da malta, e nei numeri che immediatamente seguono si parlerà dei *battuti comuni* e *dei battuti marmorei* o *alla veneziana*.

369. **Battuti comuni.** — I battuti comuni per pavimenti su suoli terreni si eseguiscono scavando il suolo di circa metri 0,10, pigiando e ben consolidando il fondo dello scavo ridotto a perfetto livello e stabiliendo un letto di sassolini, di grossezza non minore di una fava nè maggiore di una noce, sul quale si distenderà uno strato di malta idraulica o meglio di malta cementizia avente metri 0,05 di spessezza. Su questo strato di malta si disporrà un secondo letto di sassolini misti con laterizi frantumati e disposti gli uni

contro gli altri per modo che, mazzarangati col pestello, la malta sottoposta ne empia perfettamente e con uniformità gli intervalli da non rimanervi più alcun vuoto. Si ripeterà questo lavoro alternando gli strati di malta e di sassolini fino a metri 0,015 circa di profondità dal piano superiore che deve presentare il pavimento ultimato, ed a tal punto si distenderà sull'ultimo strato di sassolini uno strato di malta cementizia generalmente composta per parti eguali di calcina viva, di sabbia fina e di pozzolana naturale od artificiale stacciata. Questa malta, che dovrà essere ben impastata e manipolata, fortemente si batterà due volte al giorno con un pestello finchè sia ben consolidata e poi subito si liscierà la superficie con un ciottolo.

Nel fare la malta cementizia da impiegarsi nello strato superiore del battuto bisogna usare poc'acqua, la detta malta dovrà ricevere morbidezza da prolungata manipolazione; e, presentandosi la necessità di rammollirla, si farà questo coll'addizione di un po' di calcina ridotta a molle pasta.

Dovendosi fare dei battuti per cortili e per marciapiedi, bisognerà distinguere se il suolo è secco e fermo, oppure se è umido ed instabile. Nel primo caso si darà al battuto la grossezza di circa metri 0,20, e si formerà il suo letto di base mediante pietre dure e piatte posate sul terreno dopo che sarà stato ben pestato col mazzapicchio; indi si farà il battuto per strati alternati di malta cementizia e di sassolini, come si è detto pei battuti ordinari su suoli terreni. Nel secondo caso, ossia quando il suolo sul quale il battuto va stabilito è umido ed instabile, si stabilirà il battuto sopra una fondazione murale distesa su tutta l'estensione che deve occupare il pavimento da farsi, avente grossezza non minore di metri 0,10 e fatta con pietrame piccolo e malta idraulica oppure con calcestruzzo.

I battuti comuni per pavimenti interni verranno eseguiti cogli stessi procedimenti stati indicati per battuti su suoli terreni, sia che si stabiliscano su masse murali, sia sopra letti di malta distesi su tavolati; ed in questi casi la spessezza del battuto potrà essere ridotta da metri 0,08 a metri 0,05 a seconda della destinazione dei siti da pavimentarsi.

In difetto di sassolini con grossezza conveniente si potranno impiegare nella costruzione dei battuti comuni dei piccoli frantumi di pietra misti con tritume di laterizi, come tegole, pianelle, mattoni di qualità forte, stoviglie ed anche di rosticci.

370. **Battuti marmorei.** — I battuti marmorei, detti comune-

mente *alla veneziana*, sono composti di piccoli pezzi di qualunque marmo della grossezza non minore di una fava nè maggiore di una noce, riuniti, legati ed assodati sul piano sul quale vuolsi fare il pavimento mediante malta cementizia. L'invenzione di questi battuti non è propriamente dei veneziani, ma solamente ne hanno essi fatta una riproduzione traendola dalle romane antichità, ed ecco il procedimento che dalla maggior parte dei pratici viene adoperato per costrurli in modo che risultino belli e di lunga durata.

Appianato il suolo di metri 0,16 a 0,17 di profondità dal piano superiore del pavimento che si vuol fare, si distende su esso ed in una sola volta uno strato di malta cementizia della spessezza di metri 0,13 a 0,14 composta per parti eguali di calcina, di pozzolana naturale od artificiale e di polvere di marmo, metà stacciata alla grossezza del miglio e l'altra metà a polvere fina. Questo strato, che chiamasi *massicciata*, si conguaglia innanzi tutto col badile, poi col rastello di ferro, quindi si batte col mazzapicchio in modo da ridurlo alla metà di sua grossezza, e si lascia riposare per tre o quattro giorni, secondo le stagioni, finchè siasi assodato, la qual cosa avviene allorquando manifesta delle crepolature alla superficie. — Una volta consolidata tutta la massicciata, si procede a picchiettare la sua superficie colla penna del martello da muratore onde prepararla a ricevere un secondo strato di malta cementizia fatta con tritumi di laterizi cotti a giusta misura, della grossezza di una fava e mescolati con buona calcina fino ad ottenere un impasto ben manipolato. Mediante la cazzuola quadra si distende sulla massicciata questa malta cementizia e con spessore uniforme di metri 0,025 a 0,030, si lascia far presa almeno per 24 ore, quindi gagliardamente si batte in ogni senso colla *zanca*, strumento di ferro lungo e diritto, leggermente convesso al disotto, il quale ripiegasi in un gomito per poter essere comodamente impugnato e maneggiato, e dopo questo si lascia riposare lo strato di malta cementizia per altre 24 ore. — Giunto il lavoro a tal punto, si prepara una terza malta cementizia, chiamata *stucco* dai costruttori di pavimenti alla veneziana, composta di calcina, di pozzolana naturale od artificiale e di polvere di marmo ed impastata piuttosto molle. Con questa malta, distesa mediante la cazzuola, si forma un terzo strato di uniforme spessore, si lascia riposare per 2 o 3 ore, affinchè si stringa e si consolidi, e poi con uno stile si tracciano su esso i compartimenti che deve presentare il pavimento. Dopo colla mano si conficcano nel detto stucco alcuni pezzetti di marmo l'uno presso l'altro in modo da fare i contorni delle diverse figure

che devono apparire ad opera terminata; alla rinfusa si seminano in ciascun intervallo i pezzetti di marmo colorato convenientemente preparati; quindi si procede ad affondarli nello stucco umettandone la superficie qualora siasi esso alquanto indurato e usando di un cilindro metallico montato su un telaro cui trovasi anuesso un lungo manico di legno, col quale si carrucolerà tutta la superficie seminata finchè diventi lattiginosa e finchè i pezzi marmorei siansi talmente immersi nello stucco e nel sottostante strato di malta cementizia da scomparire all'occhio; e finalmente si ripete in ogni senso ed a colpi eguali la battitura colla zanca di ferro, dopo la qual battitura si lascia riposare il lavoro per alcuni giorni. — Nell'intento di otturare le imperfezioni e le piccole incavature che ancora vi possono rimanere alla superficie, si distende su tutto il battuto una lattata di calcina mescolata con polvere fina di marmo, e dopo alcuni giorni di riposo si procede alla *rotatura*. Quest'operazione consiste nel fregare lungamente la superficie del battuto mediante pietra arenaria della figura e dimensione di un mattone comune, fissata all'estremità di un bastone in legno, finchè diventi ben levigata e priva delle minime irregolarità apprezzabili dall'occhio. Fatta questa prima rotatura si lascia generalmente il pavimento in riposo per alcuni mesi, quindi si fa la rotatura a secco colla pietra arenaria e con sabbia fina, e, dopo due o tre giorni da che sarannosi racconciati i piccoli difetti si dà l'olio al battuto onde lustrarlo. Perciò si inzuppa un canovaccio nell'olio purgato di lino, si spreme in modo che resti quasi asciutto, si passa leggiermente sopra il pavimento, si lascia così un giorno, poi si ripassa col canovaccio ancora più carico d'olio, e dopo un terzo giorno di posa si asciuga il battuto stropicciandovi sopra segatura fina di legno, ed il lavoro è così finito.

Succede talvolta di non potersi con comodità adoperare presso i muri il cilindro metallico per affondare i pezzi marmorei nello stucco, ed in tal caso si può adoperare o il mazzapicchio, oppure un robusto pestello di tavolone di legno forte, il quale, posato con una mano lungo le pareti, coll'altra si batterà a martello.

371. **Lastrici**. — A Napoli si dà il nome di *lastrico* ad un composto di calcina e di quel prodotto vulcanico detto *lapillo*, che trovasi a vene nei contorni di quella città e ad una certa profondità a guisa di tufo bruciato. La durezza e la solidità di questo pavimento è tale, siccome asserisce il Cavalieri, « che i frammenti che se ne ricavano nelle demolizioni e nei diroccamenti di vecchie fabbriche, si lavorano egregiamente in lastre ed in iscaglioni, da

impiegarsi con ottima riuscita per varie occorrenze, come si farebbe d'una pietra naturale, con questo di più che il peso specifico di questa pietra fattizia non giunge mai a superare quello del legno di querce. » In quello che immediatamente segue si ha un succinto ragguaglio del processo con cui si costruiscono i lastrici di Napoli.

Si mescola il lapillo, i cui pezzi più grossi sono minori di una noce, con calcina spenta da otto giorni, ben sciolta e ridotta alla consistenza di latte alquanto denso, ed il miscuglio si rimesta a più riprese. Il prodotto che ne risulta si lascia riposare per 24 ore, dopo si maneggia ancora una seconda volta, poi una terza ed anche una quarta, umettando la mistura con latte di calce quando si mostra troppo secca. Preparato così il materiale da impiegarsi nella formazione del lastrico, non che il suolo sul quale va esso costrutto, si stende sopra di quest'ultimo uno strato di pietruzze con grossezza non maggiore di metri 0,025; si getta sopra di esse la malta di calce e lapillo ben manipolata distendendola in uno strato con spessezza di circa metri 0,135; e dopo 24 ore si sottopone il tutto alla battitura, da prima con grossi pestelli prismatici di legno armati di piccolo manico ad una estremità e dopo con pestelli meno pesanti, coll'avvertenza di ben incrociare i colpi. La battitura si prolunga finchè lo strato che prima era alto metri 0,135 sia ridotto ad essere di solo metri 0,10, e finchè si sente colla reazione dei pestelli che il lastrico ha la necessaria fermezza.

Quando si vuol costrurre un lastrico sopra terrazzi scoperti e che deve servire di difesa alle sottostanti abitazioni si dà allo stato di malta, indipendentemente dal sottoposto strato di pietruzze, uno spessore di metri 0,19 a 0,21 e si riduce questo spessore a circa metri 0,15 mediante la battitura. Fatto questo, per impedire che il lastrico si screpoli all'azione dell'aria prima di essere abbastanza secco, si copre con uno strato di terra alto da metri 0,16 a 0,17, e così si lascia per circa due mesi nella bella stagione e fino alla primavera allorquando si è eseguito nella stagione autunnale.

372. **Pavimenti in mastice bituminoso.** — Nell'eseguire un pavimento in mastice bituminoso accuratamente bisogna badare a che il suolo su cui si posa non sia soggetto a movimenti e si cola generalmente questo materiale sopra un letto immobile costituito o da muratura perfettamente essiccata, oppure da un semplice strato ben secco di malta o di calcestruzzo, ovvero ancora da un ammattonato perfettamente asciutto, ed in alcune circostanze sopra una tela da rivoltura.

Si procede come si è detto al numero 358 parlando delle cappe in mastice bituminoso colato allorquando il pavimento deve essere stabilito su un'opera murale; e quando va eseguito al piano terreno si fa lo scavo, si conguaglia il fondo di questo, fortemente si comprime colla mazzaranga affinchè più non venga a cedere quando il pavimento sarà fatto, si distende in esso uno strato di calcestruzzo coll'uniforme spessore di metri 0,05 a 0,10, oppure si costruisce un ammattonato con mattoni o con pianelle, e sul letto così preparato si cola il mastice, operando in tutto come si è detto al già citato numero.

Se invece il pavimento in mastice bituminoso deve essere stabilito sopra un'impalcatura, si può procedere come segue: i travicelli, i quali devono formare la parte resistente del solaio scelti con squadratura conveniente alla portata che devono superare e con sezione trapezia, si pongano in opera sulla base maggiore spaziati alla distanza di vuoto per pieno, si riempiano gli intervalli con muramento laterizio o di pietrame ben consolidato, si copra la superficie superiore con uno strato ben consolidato di malta o di calcestruzzo alto di metri 0,05 a 0,10, e sopra questo strato si coli il mastice bituminoso. Sui travicelli, che si troveranno collocati sopra muri o sopra travi principali con distanza da metri 0,40 a 0,45 da asse ad asse e con sezione conveniente alla distanza dei loro appoggi, si stabilisca un tavolato comune ben inchiodato, su questo si distenda un leggiero strato di calcinaccio e si copra con un intonaco ben conguagliato di malta alto da metri 0,03 a 0,05, e, una volta asciugata questa malta, si coli il mastice; oppure ancora sul tavolato o soltanto sopra panconcelli inchiodati ai travicelli si faccia un ammattonato a secco con mattoni o meglio con pianelle accostate le une alle altre e colle loro commessure aperte nel disopra, e sovr'esso si coli il mastice il quale, penetrando nelle fessure esistenti fra i laterizi, basterà per tenerli collegati col sottostante tavolato o panconcellato.

Dovendosi colare del mastice bituminoso sopra un suolo ancora umido, o sopra materiali che contengono sempre umidità come il gesso, o sopra suoli soggetti a movimenti come nelle panconcellature coperte da un troppo sottile strato di rottami o sopra forti declivi, torna generalmente vantaggioso di distendere sul suolo che deve essere coperto dal mastice una robusta tela da rivoltura a tessuto largo ed il fermarla con bullette o piccoli chiodi dopo di averla inzuppata di mastice caldo mediante una setola.

L'esperienza dimostra come lo spessore dello strato di mastice

bituminoso debba essere nei pavimenti di metri 0,006 a 0,015. Il limite inferiore conviene quando si deve applicare il mastice sopra un forte declivio affinchè coli meno al fondo del pendio; il limite superiore torna utile nelle coperture di terrazzi, le quali per la buona riuscita non devono presentare superiormente una superficie orizzontale, ma sibbene una superficie inclinata con pendenza di 1/40 ad 1/50.

Per impedire che il mastice impiegato in pavimenti si attacchi ai piedi, e per renderlo meno soggetto a quelle degradazioni che facilmente può subire alla superficie, bisogna saleggiarlo di sabbia fina secchissima su esso distesa quando è ancora caldo ed in esso conficcarla premendola dolcemente con apposito ferro caldo e battendola quindi con un legger pestello di legno a spigoli rotondati. A seconda delle località poi in cui deve essere messo in opera il mastice, accuratamente bisognerà badare di avere una giusta proporzione nei materiali componenti, affinchè non si screpoli esso nell'inverno, nè si rammollisca nell'estate.

CAPITOLO XII.

Lavori da minuteria.

373. **Assunto del presente capitolo**. — I lavori *da minuteria* comprendono i rivestimenti in legno contro le pareti interne delle abitazioni, i tramezzi leggieri fissi e quelli mobili, come porte, telai, persiane, ecc.; in una parola si estendono i detti lavori a quanto nelle costruzioni vien fatto in tavole.

Per eseguire economicamente i lavori da minuteria bisogna prendere in considerazione le dimensioni e soprattutto gli spessori delle tavole che trovansi in commercio; e se vogliansi avere delle opere durature, è essenziale di non perder di vista che sotto l'influenza delle variazioni igrometriche, tutte le tavole sono soggette a deformazioni più o meno pronunciate, e che in generale il problema da risolversi va posto in questi termini: fare delle opere di dimensioni sensibilmente invariabili con elementi le cui dimensioni variano incessantemente.

In quello che immediatamente segue, brevemente e senza entrare in tante particolarità e varietà, si parlerà dei rivestimenti in tavole che soventi si fanno negli interni scompartimenti delle abitazioni

civili, delle porte, dei telai, degli scuretti, delle persiane; ed a complemento di questo capitolo si rimanda all'articolo primo del Capitolo IX dove si parla dei tavolati, i quali vanno in genere annoverati fra i lavori da minuteria.

574. **Rivestimenti in tavole per pareti interne di abitazioni civili.** — La generale disposizione di questi rivestimenti consiste nell'inquadrare ciascuna tavola o l'assieme di più tavole a forma di specchiature in telai costituiti con tavole di maggior spessore, i quali si fissano contro le pareti che si devono rivestire, e le generali condizioni non che i dettagli di costruzione che è necessario conoscere onde stabilirli convenientemente si possono riassumere nelle seguenti regole.

Le specchiature, a seconda delle loro dimensioni e del grado di solidità che vuolsi avere, presenteranno da metri 0,015 a 0,035 di spessore, e abitualmente di metri 0,02. Esse verranno formate con tavole aventi da metri 0,15 a 0,20 di larghezza, riunite a scanalatura e linguetta ed incollate nelle superficie di giunto. Qualche volta può tornar utile di consolidare queste unioni mediante liste di tela incollate pel di dietro o mediante nervi di bue battuti. In quanto poi alla larghezza ed all'altezza delle specchiature ha l'esperienza dimostrato non convenire generalmente che quella sia maggiore di 1 metro e questa maggiore di 3 metri. Allorquando si teme che una specchiatura possa piegare, si usa rinforzarla pel di dietro mediante una o più traverse in legno che si fissano all'intelaiatura, che si incastrano a coda di rondine nella specchiatura stessa se pur questa ha sufficiente spessore, o che si fissano mediante viti. In questo secondo caso è della massima importanza il praticare un intaglio orizzontale in ciascuna traversa, affinchè questo mezzo di consolidamento non diventi un ostacolo ai movimenti di centrazione e di dilatazione a cui vanno soggette le specchiature.

I montanti o ritti verticali e le traverse orizzontali costituenti il telaio si uniranno fra loro a tenone e mortisa e ad ugnatura, e ciascuna di queste unioni verrà assicurata mediante due caviglie in legno. Questi pezzi non avranno larghezza maggiore di metri 0,20 ed il loro spessore non sarà inferiore a metri 0,027, ritenendo che nelle ordinarie circostanze possa essere di metri 0,055 il limite dello spessore massimo.

È bene di piallare o almeno di grossolanamente spianare pel di dietro tutte le tavole che entrano nella composizione di un rivestimento, giacchè dimostra l'esperienza che questa pratica concorre a diminuire la tendenza che hanno le tavole ad incurvarsi;

e questo proviene senza dubbio da ciò che esse riescono allora meglio aerate.

Affinchè il legno si conservi bisogna isolare il rivestimento dal muro che copre, e torna sempre della massima utilità l'applicare sulla faccia non apparente due o tre mani di coloritura ad olio. — Il miglior modo di mettere in opera un rivestimento consiste nel incastrare o nel fermare in altro modo alla muraglia dei pezzi di quercia in risalto, a mo' di mensole, sulla parete murale della distanza che da essa deve avere la superficie posteriore del rivestimento stesso e di fermare a questi pezzi il telaio mediante viti. Le teste di queste viti non devono rimanere apparenti, esse s'incastrano nel legno e si coprono con un'impelliciatura ben applicata mediante colla.

Dovendosi decorare con cornici in legno i rivestimenti costrutti nel modo ora indicato, verranno esse costrutte con tavole collegate in modo da offrire economia di materia e da presentare fermezza nei giunti. Queste cornici mediante opportune connessioni verranno congiunte al rivestimento e convenientemente fermate nella muraglia da appositi ritegni. Volendosi poi porre un zoccolo nel basso del rivestimento verrà esso fatto mediante semplici tavole inchiodate al rivestimento stesso.

Gli spigoli delle tavole formanti l'intelaiatura sono generalmente lavorati in modo da presentare delle sagome, le quali costituiscono l'ornamento più comune dei rivestimenti di tavole; e, presentandosi delle circostanze in cui richiedesi maggior eleganza, si possono essi decorare con paraste, con piccole mensole, con risalti, con lavori d'intaglio, e con altri simili mezzi di decorazione.

375. **Porte.** — Le porte si costruiscono in diverse maniere che variano a seconda dei luoghi in cui devono essere messe in opera, ed in questo numero verranno esposte le norme più generali per la costruzione di quelle che sono di uso più frequente, ossia per le *porte di tavole chiodate su traverse*, per quelle *di tavole chiodate su telaio*, per le *porte doppie*, per quelle a *specchiature* e per quelle *vetrate*.

Le *porte di tavole chiodate su traverse* si fanno con tavole della grossezza di metri 0,035 a 0,04, connesse a scanalatura e linguetta e piallate su tutte le loro facce. Le traverse a cui si inchiodano queste tavole devono avere larghezza non minore di metri 0,12 a 0,15, essere disposte almeno in numero di tre, e presentare gli spigoli diligentemente smentati, rotondati ed anche ornati di una modanatura semplice. I chiodi per fermare le tavole colle traverse si dis-

pongono nei vertici di tanti rombi aventi circa metri 0,10 di lato e solidamente si ribadiscono verso la parete interna della porta.

Le *porte di tavole chiodate su telaio* consistono in un tavolato formato con assi aventi grossezza di metri 0,035 a 0,04 uniti a scanalatura e linguetta, piallato da ambe le parti ed addossato ad un telaio pure di tavole della larghezza di metri 0,12 a 0,15, dello spessore identico o di poco inferiore a quello del tavolato ed anche accuratamente piallate da tutte le parti. I ritti e le traverse del telaio si uniscono ad ugnatura con tenone e mortisa, e lungo gli spigoli interni si lavorano in modo da presentare una modanatura semplice o una smentatura. L'inchiodamento delle tavole al telaio verrà fatto mediante chiodi disposti a rombi di metri 0,10 di lato, e talmente lunghi da essere ribaditi verso la parete interna del tavolato per una profondità di metri 0,015 almeno.

Le *porte doppie* sono quelle che constano di un tavolato nella cui composizione entrano degli assi con spessore da metri 0,035 a 0,04, doppiato da un secondo fatto con assi della stessa grossezza, o solamente con asserelli. Nella costruzione di queste porte accuratamente verranno lavorati gli assi costituenti i tavolati, piallandoli su tutte le facce, connettendoli a scanalatura e linguetta, addossandoli in modo che i paramenti si combacino con precisione e siffattamente disponendoli che le commessure degli assi risultino fra loro perpendicolari, cioè a dire che siano verticali le connessioni del tavolato esterno ed orizzontali quelle del tavolato interno. I chiodi per mantenere ben uniti i due tavolati verranno disposti nei vertici di rombi aventi circa metri 0,10 di lato, ed avranno essi tale lunghezza che pel fatto della ribaditura vengano a penetrare per non meno di metri 0,015 nel tavolato interno.

Le *porte a specchiature* si possono distinguere in tre specie, cioè *grandi, mezzane* e *comuni* secondo che la grossezza delle tavole impiegate nella loro costruzione è di metri 0,08 a 0,07, di metri 0,06 a 0,052 e di metri 0,04 a 0,035. Per ciascun battitoio di porta vi sono sempre due ritti e più traversi orizzontali di egual larghezza, che suol essere di metri 0,25 a 0,20 per le porte grandi, di metri 0,20 a 0,15 per le mezzane e di metri 0,15 a 0,12 per le piccole. I ritti ed i traversi accuratamente si uniscono fra loro ad ugnatura e a dente e mortisa, si incollano nel connetterli e si rinforzano le calettature mediante due o più caviglie in legno duro per ciascuna. Le specchiature, a seconda delle circostanze, si fanno con tavoloni, con assi o con asserelli fermati nei ritti e nei traversi a scanalatura e linguetta; talvolta sono piane, tal altra guernite di

quadri rialzati ad uno o a due paramenti. Tanto il telaio costituito dai ritti e dai traversi quanto gli specchi diligentemente vanno lavorati e piallati con uniformità su tutte le pareti, e si possono ornare i loro spigoli di modanature.

Le *porte vetrate* si costruiscono come quelle a specchiature nella parte inferiore, e in quella superiore si tralasciano gli specchi che devono essere rimpiazzati dai vetri lavorando l'intelaiatura in modo che possa ricevere le lastre di vetro, e quindi come verrà indicato parlando dei telai a vetri.

In molte circostanze le porte si mettono in opera sopra un'intelaiatura la quale è generalmente costituita da due ritti e da un architrave, talvolta semplice e talvolta surmontato da fregio e cornice. La larghezza di queste intelaiature dipende da quella della apertura che circondano, e si può ritenere come regola generale che difficilmente è maggiore di 1/6 dell'apertura stessa. Per mettere in opera una di queste intelaiature si ingessano generalmente nel muro delle piastrelle di ferro in corrispondenza dei fianchi ed in numero di tre per ogni fianco, e si mantiene a posto mediante chiodi o mediante viti che, attraversando ciascuna un foro esistente in ogni piastrella, vanno ad insinuarsi nel telaio.

L'esperienza ha dimostrato che, per impedire i gonfiamenti delle porte esterne per effetto dell'umidità, torna utile l'intonacare perfettamente tutte le superficie che fanno parte delle calettature di una dissoluzione di resina con olio grasso, preparata a caldo colla proporzione di chilogrammi 0,50 di resina per 1 litro d'olio ed applicata quando è ancora bollente. Questa pratica torna utile non solo per le porte ma anche pei telai da invetriate e per le persiane.

376. **Telai per invetriate.** — Questi telai possono avere forme e dimensioni diverse a seconda della forma e della grandezza dell'apertura per cui devono servire, e consistono in battitoi messi in opera sopra intelaiature fisse dette *telaroni*, le quali vengono a fermarsi nella muratura mediante apposite piastrelle in ferro uncinate ed ingessate. Nella costruzione dei telai per invetriate di grandi dimensioni, si divide la totale superficie in più scompartimenti mediante montanti e traverse, per non essere astretti a fare di troppo grandi dimensioni i pezzi formanti i battitoi; si adornano di smentature e di modanature gli spigoli visibili del telarone e dei battitoi; in questi ultimi si lasciano scanalature per ricevere i vetri; nel fare le connessioni dei diversi pezzi si usa la massima accuratezza, affinchè con precisione si connettano gli uni agli altri; e mediante caviglie in legno attraversanti i pezzi uniti dove hanno

luogo le calettature, fatte secondo l'occorrenza con denti retti o ad ugnatura, si consolidano le unioni per le quali i denti vanno debitamente collati nelle mortise.

I telaroni possono essere formati con due ritti connessi a due traversi, uno superiore, l'altro inferiore, e per diminuire la loro altezza o la loro larghezza, quando le finestre sono assai grandi, si potranno essi fortificare con un architrave, con una o più colonette intermedie, oppure coll'uno e colle altre contemporaneamente. In ciascun battitoio esistono: il ritto posto contro quello del telarone girevole su cardini fissati al telarone stesso, che si dice *a noce;* i ritti che per due battitoi compagni vengono ad unirsi quando la finestra è chiusa, che si chiamano *battenti a regolo*, e che più particolarmente si denominano, *battente a gola di lupo* quello di dritta e *battente a regolo* quello di sinistra quando il primo porta un'incavatura semicircolare nella quale entra una corrispondente parte arrotondata di cui va munito il secondo; un *traverso superiore;* un traverso inferiore o *gocciolatoio a sguscio rovesciato* e molti *traversi intermedi*. I traversi superiore ed inferiore sono uniti ai ritti con denti ad ugnatura, e la connessione dei traversi intermedi coi ritti medesimi è a maschio e femmina ossia con denti retti.

I battitoi, nel senso perpendicolare al piano dell'invetriata, hanno generalmente o metri 0,04 o metri 0,06 di spessore, e considerando particolarmente quelli di metri 0.04 si potranno regolare le dimensioni delle varie loro parti dietro i seguenti numeri. Al telarone si può assegnare una larghezza interna apparente di metri 0,07 a 0,08; all'incavatura a foggia di canale, praticata nei due ritti del telarone e che si chiama *noce*, nella quale va ad incastrarsi la bacchetta smentata che trovasi in risalto sui ritti a noce, suolsi dare un'apertura che sia circa i 2/5 dello spessore del telarone e da metri 0,01 a 0,012 di profondità. Nelle grandi finestre il telarone si munisce generalmente d'un architrave alto circa metri 0,10 avente un getto d'acqua occupante in altezza i 2/3 o i 3/4 di quella dell'architrave intiero. — Venendo poi ai battitoi conviene una larghezza di metri 0,07 a 0,08 pei ritti a noce, e pei traversi superiore ed inferiore; a quest'ultimo si annette il getto d'acqua o gocciolatoio avente l'altezza di metri 0,03 a 0,035, l'aggetto di metri 0,035 a 0,04 ed una scanalatura inferiore della profondità di metri 0,008. Il battente a gola di lupo, avendo una larghezza di metri 0,10 a 0,11, presenterà uno spessore di metri 0,056 a 0,06, ed i metri 0,016 o 0,02 d'aumento di spessore che esso ha sullo spessore normale di metri 0,04 risulta dall'applicarvi due regoli uno da una

parte e l'altro dall'altra aventi ciascuno la larghezza di metri 0,035 a 0,040. Il diametro della gola può essere di metri 0,044 e quindi di metri 0,006 a 0,008 la larghezza di ciascuno dei suoi labbri. I traversi intermedi si fanno generalmente larghi da metri 0,04 a 0,045 nei battitoi a grandi quadri e da metri 0,035 a 0,04 in quelli a piccoli quadri. Sulla parete interna di questi ultimi traversi si lascia sempre un listello avente circa metri 0,01 di larghezza, ed i margini in un cogli spigoli interni dei ritti e dei traversi si adornano, con una gola rovescia nei grandi quadri, con uno sguscio nei piccoli. Nella parete esterna, tanto nei ritti quanto nei traversi si lascia l'incassatura marginale di metri 0,008 a 0,01 di profondità e di larghezza onde ricevere le lastre di vetro da porsi in opera con mastice.

Talvolta i traversi orizzontali si fanno con piombo e tal altra al piombo si sostituisce il ferro o l'ottone.

377. **Scuretti.** — Gli scuretti sono di due sorta: gli scuretti esterni e gli scuretti interni. — I primi sono fatti a foggia di porte, secondo le circostanze sono ad uno o a due battitoi, e si mettono in opera o direttamente sopra cardini fermati nelle muraglie, oppure sopra intelaiature. Lo spessore che suolsi abitualmente assegnare ai telaroni varia da metri 0,027 o 0,35. Gli scuretti interni sono quasi sempre a due battitoi, e ciascuno di questi è generalmente costituito di due e talvolta anche di tre parti, onde poterli allogare negli squarci delle finestre. Queste parti si compongono di ritti, di traversi e di specchiature, e portano generalmente delle modanature su una sola faccia, cioè su quella che trovasi dalla parte dei vetri quando gli scuretti sono chiusi. Gli scuretti interni si mettono quasi sempre in opera sul telarone stesso che porta i telai per le invetriate.

378. **Persiane.** — Le persiane sono generalmente a due battitoi e ciascuno d'essi è formato di ritti e di traversi fra i quali si collocano delle lame di legno sottile, inclinate all'orizzonte, ed abbastanza avvicinate per opporsi all'introduzione dei raggi solari e delle acque pluviali. Alcune persiane presentono, alla parte inferiore di ciascun battitoio, una specchiatura mobile intorno ad un asse orizzontale, in modo da permettere di vedere esteriormente senza aprire e senza dar passaggio ai raggi del sole. Talvolta invece le lame sono disposte in modo che possono girare intorno agli assi dei perni che le mantengono nei ritti e sono rilegate da un pezzo di ferro mediante il quale si fissano nella posizione che loro vuolsi assegnare.

Le persiane si mettono in opera o sopra cardini direttamente fermati nella muratura oppure sopra intelaiature che circondano l'apertura che vuolsi munire di persiane. Questa disposizione ha l'inconveniente di nascondere gli stipiti delle finestre allorquando le persiane sono aperte, non che l'altro di esporle ad ogni sorte di intemperie. In alcune moderne costruzioni si cercò di rimediare a questi inconvenienti facendo ciascun battitoio in due o tre parti per poterli allogare in squarci esterni lasciati nelle finestre, ma così facendo ottiensi un vero miglioramento all'esterno degli edifizi con non lieve danno ai diversi scompartimenti interni.

Ai ritti ed ai traversi del telaio delle persiane suolsi, nelle ordinarie circostanze della pratica, assegnare una larghezza di metri 0,07 a 0,11, ed uno spessore di metri 0,035 a 0,04; accuratamente si piallano su tutte le loro facce e solidamente si connettono a dente retto e ad ugnatura. I due ritti che vengono a contatto allorquando le persiane sono chiuse possono essere fatti come quelli dei battitoi per invetriate. Le lame poste nelle specchiature delle persiane hanno generalmente spessore di metri 0,01 a 0,015, si spaziano da metri 0,06 a 0,065, e si inclinano in modo che lo spigolo inferiore dell'una sia compreso nel piano orizzontale passante per lo spigolo superiore di quella che immediatamente sta sotto. L'intestatura delle lame si eseguisce praticando delle scanalature inclinate nei ritti, conficcando le teste delle lame in queste scanalature, consolidando l'unione con colla forte ed anche mediante piccole punte conficcate nel legno.

CAPITOLO XIII.

Rinzaffi, arricciature, intonachi e stuccature.

ARTICOLO I.

Rinzaffi ed arricciature.

379. **Rinzaffo.** — Chiamasi *rinzaffo* qualsiasi strato di malta fatto per coprire le pareti di muri, disteso colla cazzuola e conguagliato semplicemente con un regolo di legno sulle superficie piane e con un modano pure di legno sulle superficie curve.

Un rinzaffo per essere ben eseguito non deve presentare crepolature, nè bolli, nè altri simili difetti, e la sua superficie essere talmente unita e conguagliata da potervisi applicare un regolo in tutti i sensi se piana, un modano se curva, senza che, tra superficie di rinzaffo e regolo o modano disposto nel senso delle generatrici della superficie stessa, siavi una luce maggiore di metri 0,006.

380. **Esecuzione dei rinzaffi.** — L'eseguire un rinzaffo è operazione assai semplice, ed ecco come generalmente si deve procedere: con un ferro appuntato si scalzino e ben si puliscano le commessure che si presentano sulla parete murale da rinzaffarsi, togliendo la malta che trovasi poco aderente ai muri; si distendano delle opportune liste di malta ben pareggiate col regolo a discreta distanza l'una dall'altra in modo da servire di guida alla riga o ai modani onde convenientemente ricoprire le pareti murali che fra dette liste rimangono mediante uno strato di malta avente spessore di metri 0,006; si diluisca in una piccola quantità di latte di calce la malta destinata a fare il rinzaffo, in questo stato di pasta molle si getti colla cazzuola in tutte le commessure, e colla punta di questo utensile, oppure con una spatola stretta, si conficchi con forza e si distenda per guisa che tutte le superficie interne alle liste di guida siano ben coperte, ma non rinzeppate; prima del consolidamento della pasta molle così gettata sulla parete da rinzaffarsi, si getti con forza su questa della nuova malta di buona consistenza per la grossezza di metri 0,007 a 0,008, e col dosso della cazzuola e col regolo o modano di legno si conguagli lo strato da basso in alto raschiando col tagliente della cazzuola la malta che non sembra aderire alle pareti del muro.

381. **Arricciature.** — Il nome di *arricciatura* si attribuisce a qualsiasi strato sottile di malta, di cemento e di mastice disteso colla cazzuola o con altro simile utensile sui muri o sui rinzaffi, confricato collo sparviere di legno o di metallo, oppure con un ciottolo piatto, oppure con un ferro caldo, nell'intento di ottenere pareti ben conguagliate e liscie o di impedire qualunque filtrazione nei muri. — L'arricciatura è operazione ben diversa dal rinzaffo sia per la sua levigatura, sia per la spessezza degli strati, sia pel modo di eseguirla; quando però quest'operazione viene fatta nel medesimo tempo del rinzaffo, è il conguagliamento delle pareti col fratazzo il solo carattere da cui si conosce l'arricciatura.

Le arricciature si distinguono dalla natura dei materiali che si impiegano nell'eseguirle a seconda dello scopo per cui vengono esse

fatte, e dalla forma che deve affettare la loro superficie, e sotto questo secondo punto di vista si devono considerare le arricciature *comuni* e quelle *centinate*. Si chiama *comune* qualsiasi arricciatura fatta su una parete piana o su una superficie curva continua, si dice invece *centinata* ogni arricciatura eseguita su paramenti modanati e forniti di diverse sagome come sono le cornici.

Qualsiasi arricciatura si reputa ben eseguita: quando, essendo essa di malta, si è impiegata calcina completamente spenta e colata colla massima cura; quando non presenti crepolature, bolli, ondulazioni ed altri consimili difetti; quando la sua superficie è talmente unita e conguagliata da potersi applicare un regolo in tutti i sensi se è piana, un modano nel senso delle generatrici se è curva o centinata; e finalmente quando tra la superficie di un'arricciatura comune ed il regolo o modano non esiste una luce maggiore di metri 0,002, e quando il modano combacia colla superficie in una arricciatura centinata.

Le arricciature dei muri nell'interno delle fabbriche si possono eseguire in qualunque stagione; per quelle di muri esterni però è essenziale di schivare le stagioni del gelo e del gran caldo, se non si vuol andare a rischio di vederle screpolarsi, sgretolarsi e cadere ben presto.

382. **Arricciature comuni su muri secchi.** — Le arricciature su muri vecchi o anche su muri nuovi perfettamente asciugati si fanno generalmente nel seguente modo: con un ferro appuntato si scalzano e ben si puliscono le commessure che si presentano alla superficie murale da arricciarsi; la malta destinata all'esecuzione dell'arricciatura si diluisce in una piccola quantità di latte di calce; questa malta, così impastata molle, si getta in tutte le commessure colla cazzuola e, colla punta di questo utensile oppure con una spatola stretta, si distende in guisa che tutte le interne superficie delle commessure siano ben coperte, ma non rinzeppate; prima che avvenga l'indurimento nella malta già messa in opera si distende con forza e su tutta la superficie sulla quale venne gettata la prima malta dell'altra malta di buona consistenza in uno strato della grossezza di metri 0,007 a 0,009; col dosso della cazzuola si conguaglia questo strato dal basso in alto, raschiando col tagliente della cazzuola la malta la quale non sembra aderire alla parete murale; e finalmente, quando si vede che la malta ha acquistato sufficiente consistenza, si frega collo sparviere, umettando a mano a mano la superficie con un pennello bagnato nell'acqua.

Dovendosi arricciare dei muri vecchi già corrosi alla superficie

bisogna innanzi tutto spicconarli onde distaccare le parti superficiali che hanno sofferto deterioramento, quindi spazzare la superficie che risulta con una scopa ed applicarvi uno strato di malta intarsiato di laterizi o di scaglie di pietra onde rimettere la parte mancante, e ridurre così la snperficie al suo primitivo stato, affinchè vi si possa applicare l'arricciatura.

383. **Arricciature comuni su muri soggetti ad umidità.** — Coperta la parete da arricciarsi con un primo strato di malta cementizia avente spessore di metri 0,012 a 0,025 ed essendo questa malta ancora un po' umida, ma però bastantemente solida da non cedere più ad una leggiera pressione, si distenda subito un secondo strato avente spessezza di metri 0,001 a 0,003 e conosciuto in pratica col nome di *scialbo;* quando questo comincia a diventare secco si conguagli con forza mediante il dosso della cazzuola, poi con un fratazzo di metallo oppure con un ciottolo piatto e liscio, avendo cura di turare tutte le fessure che ordinariamente si manifestano al principio della confricazione; e si continui questo conguagliamento finchè lo scialbo siasi ben consolidato. — Dall'istante in cui si incomincia il lavoro di conguagliamento fino al suo termine bisognerà mantenere la superficie che si va arricciando al riparo dei raggi solari, che anzi sarà bene coprirla con tela o con stuoie umide.

Lo spessore di metri 0,015 è generalmente sufficiente per arricciature su muri soggètti ad umidità, ed è opinione di distinti pratici che uno spessore maggiore possa risultare dannoso anzichè utile. Nei casi però in cui l'arricciatura può trovarsi esposta a qualche urto violento è necessario un intonaco avente da metri 0,05 a 0,06 di spessezza il quale formi come una specie di lastrico valevole a proteggere il muro dalle scosse.

384. **Arricciature centinate.** — Disteso, come si è indicato nel precedente numero, il primo strato di malta e su esso gettato lo scialbo, si conguaglia questo prima colla cazzuola e poi colla confricazione del tagliente del modano, quindi si raschia la malta la quale non ha aderito collo strato di fondo, e perfettamente si otturano tutti i vuoti che così si vanno facendo non che le crepolature che di mano in mano si potrebbero manifestare. Una volta abbastanza consolidato lo scialbo si procede a refilare con precisione tutti gli spigoli onde avere una superficie ben liscia e conforme a quella che deve presentare l'opera progettata.

Le arricciature per cornici si ottengono conguagliando lo scialbo mediante modani ferrati tagliati con forme convenienti alle sagome che si vogliono ottenere. Queste arricciature devono essere ese-

guite con buona malta non soggetta a sfiorire, di qualità conveniente ad avere un'opera duratura, ed accuratamente si devono isviluppare e refilare.

ARTICOLO II.

Intonachi e stuccature.

385. **Intonachi.** — Nell'arte del costrurre chiamansi *intonachi* quegli strati sottili che si distendono sui muri per impedire le infiltrazioni delle acque, e differiscono essi dai rinzaffi e dalle arricciature per le materie impiegate, per la spessezza degli strati, per la loro levigatura e per i particolari procedimenti usati nello applicarli. — I materiali che si impiegano per intonachi sono: i cementi, i composti idrofughi bituminosi ed i diversi mastici preservatori dell'umidità, di parecchi dei quali già si è data la composizione nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'arte di fabbricare, al volume che tratta dei *Materiali da costruzione.*

Gli intonachi si applicano tanto sopra superficie piane quanto sopra superficie curve, e sono essi da riputarsi ben eseguiti allorquando non presentano crepolature, bolli ed altri consimili difetti, quando le loro superficie sono talmente unite e conguagliate da potervi applicare un regolo o un modano nel senso delle generatrici, secondo che sono queste o piane o curve, senza che si presenti una luce maggiore di metri 0,002.

386. **Intonachi di cemento.** — Prima di applicare questi intonachi bisogna raspare, pulire e bagnare le superficie dei muri: dopo si distende colla massima cura e con uniformità il cemento usando della cazzuola e conformandolo in uno strato spesso da metri 0,001 a 0,002, subito si liscia colla cazzuola stessa o meglio col ciottolo, e di mano in mano che il lavoro rimane eseguito si copre con tele o con istuoie per guarentirlo dall'aria e segnatamente dal sole, finchè sia perfettamente secco. — Se avviene che si manifestino delle crepolature sulle pareti intonacate oppure riconoscendosi che il cemento non ha perfettamente aderito alla muratura, bisogna totalmente demolire la parte screpolata oppure quella che non aderisce, e rifarla di nuovo usando tutte le cautele affinchè la parte di nuovo costrutta perfettamente aderisca alla preesistente.

387. **Intonachi di composti idrofughi bituminosi.** — Conviene generalmente applicare questi intonachi in tempi belli e sopra superficie secchissime, far raschiare i muri e perfettamente pulire le

pareti prima di applicare la sostanza idrofuga, la quale dovrà trovarsi ridotta ad avere una consistenza pastosa onde poterla applicare con una spazzola o anche con un pennello.

Trattandosi di intonachi con mastici bituminosi si portano questi a fusione presso il luogo dell'impiego, con una spazzola, e per quanto è possibile allo stato bollente, si forma uno strato con spessore di circa metri 0,005, si unisce la superficie con un lisciatoio caldo di ferro, ed a mano a mauo che il lavoro progredisce si insaleggia l'intonaco con sabbia secchissima. La levigatura deve essere eseguita colla massima attenzioue, bisogna badare a che il lisciatoio non sia troppo caldo affinchè non bruci il mastice, ma che però contemporaneamente sia a tal grado di calore da mantenere il mastice in fusione per poterlo distendere con uniformità.

388. **Intonachi con mastici.** — Gli intonachi con mastici, al pari di quelli di cemento e di composti idrofughi bituminosi, vauno applicati sopra superficie ben raschiate, perfettamente pulite ed asciugate. Avendo essi generalmente la consistenza delle malte si mettono in opera colla cazzuola per strati con spessore non eccedente metri 0,005; e, trattandosi di fare un intonaco mediante strati sovrapposti, prima di applicare uno strato qualunque, si aspetterà che siasi ben consolidato quello sul quale deve essere messo in opera e si picchietterà leggermente la sua superficie. — Per concretare in qualche modo il metodo da seguirsi nel fare gli intonachi di mastice a più strati, si indicherà come si possa applicare sopra superficie murali il mastice di Vauban, il quale torna tanto utile per intonacare cisterne.

Quest'intonaco si forma generalmente con sei strati di mastice collocati successivamente l'uno sopra l'altro. Raschiati al vivo, perfettamente puliti ed asciugati i muri, si distende sulla superficie un primo strato di mastice avente grossezza di metri 0,003 a 0,004, ben si couguaglia colla cazzuola e dopo si lascia riposare per tre o quattro giorni. Passato tal tempo questo primo strato di mastice trovasi già abbastanza consolidato, per cui si può picchiettare leggermeute la superficie per applicarne un secondo nella stessa guisa e così continuare fino al sesto il quale verrà levigato con apposito ciottolo finchè sia ben secco. Il complesso di questi sei strati deve dare un intonaco di circa metri 0,02 di spessore.

389. **Opere in istucco.** — Appartengono alla classe degli intonachi quelle opere che si eseguiscono colla malta detta *stucco* per decorare le pareti murali, e per fare ornamenti architettonici, come capitelli, trofei, rosoni, cornici, ecc. In quello che immediatamente

segue si danno le norme principali che possono servire di guida nell'eseguimento di tali opere.

Dovendosi fare degli ornamenti molto rilevati sui muri, sulle vôlte o sui soffitti, ove si deve eseguire il lavoro si fissano dei chiodi, con un pennello si bagna la superficie da stuccarsi procurando di lasciare asciutti i detti chiodi, ed il più presto possibile si copre il tutto mediante malta ben manipolata di calcina e sabbia fina mescolata con gesso polverizzato, dando alla superficie dello strato di malta bastarda così messa in opera la forma che grossolanamente corrisponde a quella dell'opera che vuolsi eseguire. Fatto questo si prende una certa quantità di malta comune, si mette in una conchetta e si forma una specie di vasoio bastantemente grande da contenere un volume doppio di malta di gesso. Riempito d'acqua questo bacino artificiale, vi si getta gesso colla mano finchè abbia assorbita l'acqua, e poi s'impastano assieme tutte le materie per impiegarle il più prontamente che sia possibile, impiegando a tal uopo cazzuole di diverse grandezze o spatole secondo la natura del lavoro da eseguirsi. A questo secondo strato dell'intonaco se ne sovrappone un terzo diminuendo la dose del gesso e poi un quarto pel quale si impiegherà una malta bastarda contenente appena una parte di gesso e tre parti di malta. Finchè l'intonaco è ancora fresco, gli si danno le forme principali e queste si refilano con spatole curve o con raspe, usando di appositi compassi se pure trattasi di lavori che devono presentare precisamente dimensioni assegnate e di far risultare oggetti simmetrici. L'abbozzo così preparato si lascia asciugare e poi si ricopre dello stucco propriamente detto il quale è generalmente un impasto in parti eguali di polvere di marmo a grana finissima e di calcina spenta ben bianca, stacciata o macerata sopra una lastra di marmo nel modo seguito per macinare i colori e lasciata riposare per quattro o cinque mesi onde facilitare la sua dissoluzione. Lo stucco va apparecchiato a misura del bisogno, e per metterlo in opera si incomincia dal bagnare bene l'abbozzo finchè non assorbisce più acqua, poi si stempera un poco di questa pasta in un vaso per fare una specie di tintura densa che si applica col pennello, e quindi subito si distende uno strato di stucco denso facendo uso di una spatola. A misura che questo strato di stucco incomincia ad asciugare, lo si liscia con un raschiatoio d'acciaio, con pannolini bagnati un po' rozzi ed avvolti ad un dito, avendo cura di rendere ben netti gli spigoli, ed anche col dito nudo quando trattasi di fare lavori presentanti tale mor-

bidezza e tal grado di finitezza che nè il raschiatoio nè la spatola potrebbero procurare.

Per i lavori in istucco i quali devono avere poco aggetto nella parete murale, è inutile di fare l'abbozzo con malta bastarda, e basta generalmente di picchiettare il fondo, di bagnarlo bene e di distendere dopo lo stucco in uno strato alto circa metri 0,005 conguagliandolo prima col dosso della cazzuola e quindi fregandolo e lisciandolo con un pannolino rozzo e bagnato onde togliere tutte le tracce lasciate dal passaggio della cazzuola. In questa guisa si fanno gli stucchi sulle superficie lisce dei muri e delle vôlte, e, volendo far risaltare degli ornati su queste superficie, si segnano i loro contorni con carbone, si piantano dei chiodetti a larga capocchia ove si trovano aggetti un po' forti e quindi si termina l'opera con istucco denso che si modellerà e si liscierà col raschiatoio o col dito avendo l'avvertenza di bagnarlo di tanto in tanto onde impedire una troppo rapida lapidificazione.

Per le opere d'architettura, come modanature, cornici, colonne, pilastri, cassettoni ed altri consimili oggetti, si preparano in muramento le grandi masse e su queste si fa lo sbozzo con malta bastarda come sopra venne indicato; è solamente nella formazione degli ultimi strati che devesi impiegare stucco più liquido e più grasso di quello che conviene per ornati; e sembra utile la pratica di molti stuccatori i quali compongono lo stucco con due parti di calcina ed una di polvere di marmo.

Nei lavori esposti all'aria ed alle intemperie il gesso si deve assolutamente escludere e bisogna sostituire ad esso un cemento naturale od artificiale.

390. **Intonachi di marmo artificiale**. — Col gesso convenientemente preparato si fanno degli intonachi che hanno l'apparenza e la lucidezza dei marmi più preziosi, sia per la diversità dei colori, sia per la levigatezza che ad essi è possibile dare. Per fare questi intonachi si impiega o gesso allumato, preparato come si è detto nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'arte di fabbricare al volume che tratta dei *Materiali da costruzione;* oppure si sceglie la pietra da gesso migliore e più bianca, si riduce in minuti pezzi della grossezza di un uovo i quali si fanno cuocere in un forno finchè la loro frattura non presenti più particelle lucenti nel centro, si pestano questi pezzi in un mortaio di metallo, si fa passare la polvere per uno staccio finissimo e s'impasta in una soluzione di colla di Fiandra. Onde ottenere degli intonachi colorati si usano quelle stesse materie coloranti impiegate nella pittura a fresco; questi

colori si stemprano con acqua di colla e se ne formano delle pallotole, le quali a misura del bisogno si disciolgono con acqua e si mescolano col gesso a mano a mano del suo impiego.

Quando un intonaco eseguito con malta di gesso allumato o di gesso apparecchiato come or ora si è indicato è secco, si pulisce prima colla pietra pomice o con una pietra da affilare, si continua col tripoli mediante un pezzo di feltro, e si termina dandogli il lucido con acqua di sapone e poi con olio, confricando bene la superficie.

391. Stuccature — Chiamansi *stuccature* le operazioni che si fanno per rinzeppare ed otturare diligentemente le commessure esterne dei lastrici e dei muri in pietre naturali o in laterizi nello intento di ottenere pavimenti e pareti murali ben levigate coi materiali a faccia scoperta nel paramento.

Le stuccature, a seconda delle circostanze, vengono eseguite con malte idrauliche, con malte cementizie, con mastici; ed è sempre della massima importanza che i materiali da impiegarsi per tali operazioni siano tali da ben aderire con quelli da stuccarsi, e da non essere soggetti a presentare delle screpolature nel disseccare.

392. Stuccature con malte idrauliche e con malte cementizie. — Allorquando queste stuccature si fanno di mano in mano che si mettono in opera le pietre naturali o i laterizi da stuccarsi, il lavoro si riduce a riempire e ad otturare perfettamente con malta tutte le commessure frontali, adoperando per quest'operazione una piccola cazzuola stretta o una stecca di ferro per conficcare e per lisciare con forza ed a più riprese la malta stessa, in guisa che a lavoro finito comparisca la fronte dei materiali perfettamente scoperta nel paramento. — La malta da impiegarsi per simili stuccature suole essere generalmente la malta stessa che impiegasi nel fare i lastrici ed i muri quando questa è di qualità idraulica.

Dovendosi fare una stuccatura per lastrici o per lavori murali già da qualche tempo eseguiti, accuratamente bisogna raschiare le commessure da stuccarsi per una profondità di metri 0,02 a 0,03 mediante apposito uncino di ferro, avendo cura di non iscarnare i materiali; con una spatola dura si toglie dopo la malta e qualunque altra materia poco aderente o smossa; si lavano le commessure a grand'acqua; e poi si procede alla stuccatura, gettando e conficcando con forza la malta idraulica e la malta cementizia da impiegarsi per stuccare, e gagliardamente lisciandola a più riprese con una piccola cazzuola o con apposita stecca di ferro.

Nell'eseguire dei muri laterizi col preventivo intento di stuccare

tutte le commessure frontali, è prudente consiglio di lasciare tutte queste commessure sfornite di malta per una profondità di circa metri 0,03 nello scopo di non ismussare gli spigoli dei laterizi colla raspatura della malta lapidificata; di più si fa generalmente in modo che le stuccature abbiano un aggetto di metri 0,001 a 0,002 sulla parete murale, che siano diligentemente refilate, che dovunque presentino lo stesso sporto e che le teste dei laterizi siano perfettamente scoperte.

Nelle stuccature su paramenti in pietra da taglio la malta per stuccare si applica a strati e di mano in mano della sua applicazione viene stropicciata con un lisciatoio di ferro a più riprese. Le stuccature verticali si fanno in modo che le loro superficie perfettamente pareggino il piano del paramento; in quanto poi alle stuccature delle commessure orizzontali si eseguiscono in guisa che presentino una superficie dolcemente inclinata, affinchè lo spigolo inferiore del sovrapposto concio costituisca una specie di gocciolatoio di circa metri 0,002 per facilitare lo scolo delle acque e per impedire che si fermino lungo le commessure.

393. **Stuccature con mastici.** — Procedimenti analoghi a quelli stati indicati per le stuccature con malte idrauliche e con malte cementizie servono per eseguire le stuccature coi mastici, che si possono apparecchiare freddi allo stato di malta, quali sono quelli di cui si è data la composizione alla pagina 227 ed al numero 223 del volume che tratta dei *Materiali da costruzione.* Volendosi però eseguire delle stuccature con mastici che solamente col calore si possono portare allo stato pastoso, quali sono il *cemento-resina* ed i mastici bituminosi, non si trascurerà di usare la massima cura onde togliere qualunque umidità dalle commessure, e di riscaldarle all'uopo con carboni accesi prima di colarvi il mastice, il quale senza questa precauzione non farebbe presa coi materiali.

Il cemento-resina che impiegasi ad otturare le commessure degli ammattonati e dei lastrici si compone di 1 parte di pece secca e di 3 parti di pozzolana naturale od artificiale ridotta allo stato di polvere fina e misurata senza addensarla. Si prepara questo cemento col far prima fondere la pece in un ramino e col spargervi sopra a poco a poco la pozzolana rimestando continuamente il miscuglio mentre si fa il versamento di quest'ultima materia. Dopo tre ore e mezzo di cottura il cemento-resina si mette in opera caldo, colandolo nelle commessure da riempirsi convenientemente asciugate e riscaldate.

CAPITOLO XIV.

Coloriture ed inverniciature.

394. **Norme generali da seguirsi nell'applicazione delle tinte** — Al volume che tratta dei *Materiali da costruzione*, ed all'articolo II del Capitolo XIII vennero indicati i procedimenti con cui devonsi preparare e stemperare i colori, non che le proporzioni di tutte le parti componenti da impiegarsi per la formazione delle principali tinte; bisogna ora accennare al modo di applicarle sulle superficie da tinteggiarsi, e prima di parlare delle regole particolari a ciascuna specie di pittura verranno date alcune norme generali alle quali sempre bisognerà uniformarsi se pur vogliansi tinte durevoli e di bella apparenza.

In generale i colori mescolati di fresco danno tinte più belle e più vive di quelli che s'otterrebbero con colori mescolati già da qualche tempo, quindi in ogni caso non si preparerà che la quantità di tinta puramente necessaria per ciascuna mano da distendersi, e così facendo si otterrà che essa sarà facile ad applicarsi, di egual trasparenza e di un medesimo accordo.

Prima di distendere una mano o strato di fondo sopra una superficie sulla quale esistono altre coloriture e che trovasi variamente macchiata, bisognerà far raspare la superficie stessa con un apposito raschiatoio di ferro, stuccare i buchi e le commessure, e pulire le pareti dei muri colla scopa e quelle di legname colla setola; poi liberamente ed a grandi tratti si applicheranno le tinte col pennello, avendo cura di frequentemente rimestare i colori affinchè conservino lo stesso accordo e non facciano alcun sedimento. Nell'otturamento di buchi e di commessure, a seconda delle circostanze, si impiegherà malta, cemento, mastice, carta, ed in quest'ultimo caso bisognerà che la carta sia di buona qualità, bianca ed attaccata con colla forte. — Dovendosi raspare delle vecchie pitture a tempra, verrà eseguita quest'operazione a grande acqua, e dopo le superficie accuratamente verranno ripulite; dovendosi poi lavare delle pitture ad olio, verrà il lavoro eseguito con sapone o con acqua alcalina, giusta le norme che verranno date più innanzi.

Qualsiasi strato di coloritura non sarà mai applicato se non dopo che la mano che lo precede sarà perfettamente secca, e per ren-

dere questa disseccazione più facile e pronta ogni strato verrà disteso il più possibilmente sottile. Per riconoscere se una mano di tinta è compiutamente asciugata si osserva se leggermente toccandola non si attacca alla mano; e per decidere se è ben applicata si guarda se presenta un colore uniforme, unito e senza visibile traccia del pennello, e se il colore dopo alcuni giorni di applicazione più non può essere scancellato col confricamento della mano.

L'oggetto da colorarsi e l'esposizione determineranno le specie di tinta da impiegarsi, ed in generale si può ritenere che, dovendosi coprire con una tinta degli oggetti esposti alle intemperie, bisognerà adoperare delle tinte ad olio.

395. **Fondo d'impressione.** — Si chiama *fondo d'impressione* quello strato formato di due o più mani di bianco di Spagna o di cerussa, che generalmente si distende sulle superficie da colorarsi perfettamente secche nell'intento di otturare i fori che esse presentano, di renderle lisce e d'impedire all'aria di alterare i colori. Il fondo d'impressione per le pitture a colla si dà con un preparato composto di 4 parti di bianco di Spagna ben macerato e stemperato in 6 parti di colla pura; quello per le pitture ad olio viene generalmente fatto con cerussa macerata ad olio e poi stemperata con olio di lino puro.

396. **Applicazione delle tinte a colla.** — Le superficie sulle quali si devono distendere delle tinte a colla vanno prima convenientemente nettate e preparate, avendo principalmente l'avvertenza di togliere qualunque materia grassa, oleosa o resinosa, strofinando fortemente le parti grasse od oleose con aglio, con assenzio o con un lavacro alcalino, e quelle resinose con essenza o con acqua forte. I nodi dei legni resinosi verranno stropicciati con una testa d'aglio affinchè la colla possa su essi far buona presa.

Le tinte a colla si devono applicare a caldo, ossia ad una temperatura che sia da 35 a 40 gradi; il primo strato deve essere dato con una tinta piuttosto ricca di colla e più calda di quella da impiegarsi pel secondo strato; e la stessa avvertenza si deve usare nell'applicazione degli strati successivi. Dando la seconda mano più carica di colla o più calda della prima, si rischia nel primo caso uno sfaldamento di quella e nel secondo la formazione di bollicine alla superficie. L'ultimo strato di una tinta a colla che si dovrà inverniciare sarà la sola mano da darsi a freddo.

397. **Applicazione delle tinte ad olio.** — Le tinte ad olio si applicano generalmente a freddo, e si distendono a caldo solamente nel caso in cui trattasi di colorare un muro o uno stucco nuovo.

Per le mani di fondo conviene impiegare la materia colorante più liquida di quella da adoperarsi per le mani comuni, ma sempre un po' densa; e l'applicazione di questa coloritura per quanto si può verrà fatta per un tempo secco. I diversi strati di queste tinte devono essere sottili, giacchè gli strati grossi non fanno corpo colla superficie coperta, esigono molto tempo per asciugarsi, non si consolidano mai completamente, il più leggier confricamento basta a levarli, e col tempo finiscono per sfaldarsi.

I colori ad olio a cui si sarà aggiunta dell'essenza verranno distesi colle stesse avvertenze precedentemente indicate per le tinte ad olio.

Il primo strato di coloriture ad olio sugli oggetti metallici verrà dato con colori stemperati all'essenza, perchè l'olio, non venendo assorbito da tali oggetti, resta nel colore ed impedisce la sua lapidificazione.

Le pitture rosse o gialle ad olio che si applicano sui legnami per preservarli dall'umidità, per esempio sui legnami dei ponti, si preparano con ocre ben macerate e stemperate con olio di lino al quale si aggiunge 1/4 di litargirio. Appena distesa la mano o strato di fondo, s'insaleggia questo strato con sabbia secca e finissima; si lascia asciugare questa prima mano e nello stesso modo se ne applica una seconda; e finalmente, dopo asciugata la seconda, una terza ed ultima mano la quale sarà di semplice colore ad olio.

398. Imbiancamenti. — Il latte di calce è la tinta che viene impiegata per imbiancamenti. Prima di applicare la mano di fondo a pareti di muri o di assiti in legno, le quali presentano delle superficie macchiate e comunque coperte da materie che varrebbero ad impedire l'aderenza della tinta, converrà rasparle con un raschiatoio di ferro, e quindi pulirle colla scopa o colla setola secondo che trattasi di superficie murali o di assiti.

Si eviterà di imbiancare pareti di fresco arricciate od imperfettamente ascingate; gli strati comuni non verranno mai distesi se non dopo che la mano che li precederà sarà pienamente asciugata; nell'applicazione della tinta si farà uso di un grosso pennello distendendola con uniformità; e si dirà che essa è ben applicata qnando presenta un colore unito e quando, dopo alcuni giorni di posatura, non può essere cancellata col confricamento della mano, se a colla o con allume. Le tinte a colla e quelle con allume si applicheranno sempre tiepide.

Per ben imbiancare gli assiti di legno convien sostituire alla calcina una dose proporzionata al bisogno di creta: le tinte di

fondo si possono comporre con 1 chilogramma di bianco di Spagna polverizzato e diluito in 2 litri d'acqua dolce, e per le tinte comuni si può impiegare un po' meno di creta. Nelle tinte a colla ed in quelle con allume, il bianco di Spagna verrà stemperato in una dissoluzione d'acqua di colla o d'allume. — Adoperandosi colla forte per preparare una tinta con bianco di Spagna, si mescolerà 1 chilogramma di questa sostanza con 5 decagrammi della detta colla in 2 litri d'acqua dolce.

399. **Inverniciature**. — Le vernici, che si applicano a superficie nude o tinte onde preservare i legnami od altri materiali dall'azione dell'umidità o per dar loro un'apparenza lucida, devono essere bastantemente liquide da potersi distendere con facilità in sottilissimi strati, e da disseccarsi prontamente affinchè i numerosi corpicciuoli che trovansi nell'aria non vengano ad aderirvi in abbondanza. I vasi in cui si conservano le vernici devono essere di creta verniciata, freschi ma non umidi, resi ben puliti ed asciugati prima di riempirli, e mantenuti ben chiusi quando sono pieni; da questi vasi si prende la stretta quantità di vernice necessaria per una data operazione e, versata in un piattino s'inzuppa il pennello facendolo girare due o tre volte colla mano onde rompere il filuzzo di vernice che il pennello tiene sempre con sè. Con ogni cura poi bisogna badare a che l'applicazione delle vernici venga fatta in luoghi asciutti, per quanto è possibile difesi da qualsiasi polverio, e quando sono troppo dense e che non si distendono bene si diluiscono o con alcoole, o con olio, o con essenza secondo la materia che loro serve di base. — Le vernici si distendono a freddo a grandi tratti, con prontezza, mediante un andare e venire di pennello, colla cura di avere le mani secche e proprie onde non lordare la superficie, evitando di ripassare gli strati e di addensarle onde ottenere che, per quanto è possibile, risultino distese in modo uniforme senza che ciascun strato presenti spessezza maggiore di un foglio di carta, perchè se più denso s'increspa al disseccarsi, e se più sottile va soggetto a sfogliarsi. Non mai poi si applicherà il secondo strato di vernice sul primo, se questo non sarà perfettamente secco, la qual cosa si riconosce col passare leggermente il dorso della mano sullo strato da coprirsi e coll'osservare se non rimangono impronti, od altrimenti col provare se il detto strato non può più essere attaccato dall'unghia.

L'oggetto da inverniciarsi e la sua esposizione determinano la specie di vernice da adoperarsi in ogni caso: le inverniciature per conservare oggetti interni, cioè difesi dall'azione dell'aria e del

sole, si danno comunemente con vernici all'alcoole; in quelle per oggetti esterni ed esposti alle intemperie si preferiscono le vernici grasse. — Le vernici all'alcoole sono tali che ad un calore moderato da se stesse si distendono, si puliscono, perdono le ondulazioni, disuguaglianze ed impronte del pennello; col freddo imbianchiscono e formano grumi i quali fanno loro perdere la levigatezza; col troppo calore crosciano e prendono una superficie irregolare. Segue da ciò che nell'inverno bisognerà tenere bastantemente caldi i siti in cui si danno dell'inverniciature, e che nell'estate non converrà lasciare esposto un oggetto di fresco inverniciato alla cocenza dei raggi solari. — Le vernici grasse per contrario vogliono una temperatura assai più elevata di quelle all'alcoole: torna vantaggioso l'esporle ai più grandi calori del sole nell'estate, ed il far scorrere nell'inverno presso le pareti inverniciate degli scaldatoi.

I colori stemperati con vernici si applicano colle norme stesse che vennero or ora indicate per dare le inverniciature semplici.

400. **Lavacro di tinte e di vernici.** — Le tinte ad olio si puliscono dal fango, da colori ad acqua, dal fumo e dalla polvere, incominciando dal setolare leggermente la superficie colorata, e quindi lavandola prima con acqua calda e sapone secco, poi con acqua pura è tiepida, e quindi asciugandola con un vecchio pannolino.

Le vernici inodore si lavano semplicemente mediante una spugna imbevuta d'acqua tiepida. — Per lavare le vernici grasse e quelle all'essenza bisogna adoperare un'acqua alcalina composta di 3 parti di potassa e di 1 parte di ceneri clavellate, detta comunemente dagli inverniciatori *acqua seconda* o *lisciva de' saponai*. Per operare la lavatura si diluisce questa lisciva caustica con 3/4 d'acqua pura, si distende colla massima uniformità sulla superficie imbrattata e, dopo due o tre minuti d'applicazione, si lava la parete a grand'acqua pura per togliere e le brutture e l'acqua alcalina, la quale, restando maggior tempo, corroderebbe i colori e la vernice, anzichè rifiorirla. Quando la superficie lavata è perfettamente secca si danno ad essa due o tre mani di nuova vernice.

PARTE SECONDA

ANALISI DEI PREZZI

DEI

LAVORI GENERALI DI ARCHITETTURA CIVILE, STRADALE ED IDRAULICA.

Nozioni generali.

401. Chiamansi *analisi dei prezzi dei lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica* quelle operazioni e quei procedimenti coi quali si giunge a stabilire il costo dell'unità di misura delle diverse opere elementari, onde poter arrivare alla deduzione del prezzo totale di un'opera completa.

Nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'arte di fabbricare, al volume che ha per argomento *Materiali da costruzione ed analisi dei loro prezzi*, già si è indicato come si debba procedere per avere i costi delle unità di misura dei diversi materiali portati ai cantieri dei lavori e già confezionati in modo conveniente agli usi pei quali devono servire, per cui nello stabilire l'analisi del prezzo dell'unità di misura di un dato lavoro converrà tener conto: del prezzo dei diversi materiali che devono entrare in quel lavoro già confezionati per essere posti in opera: della spesa necessaria per trasportarli dal sito in cui trovansi depositati od apparecchiati all'effettivo luogo dell'impiego; e della mano d'opera necessaria ad ottenere il lavoro progettato.

402. **Procedimento per stabilire l'analisi dei prezzi delle opere elementari.** — Conosciuto, in seguito ad esperienze ed a pratiche osservazioni, il quantitativo delle diverse materie che sono necessarie per un dato numero m di unità di misura dell'opera da farsi, si trovino: la somma S rappresentante il costo dei materiali componenti già confezionati per essere posti in opera; le giornate di lavoranti necessarii all'esecuzione del quantitativo m dell'opera di cui

vuolsi avere il prezzo, di manovali pei trasporti, e la somma totale S′ da corrispondersi per queste giornate; la quota S″ per utensili, strumenti, macchine, ecc. La somma $S+S'+S''=\Sigma$ rappresenta il costo di m unità del lavoro per cui si è instituita l'analisi, ed il costo per una sola unità sarà dato da $\frac{\Sigma}{m}$ — La somma S″ per utensili, strumenti, macchine, ecc. sarà costituita dalla somma dell'interesse annuo corrispondente al capitale di acquisto colle quote annue di riparazione e di conservazione.

Per semplificare i processi d'analisi s'intenderà che tutti i lavoranti vengano ai lavori provvisti degli utensili necessarii all'esercizio del loro mestiere, per cui non si farà mai comparire la spesa per consumo di detti utensili e s'intenderà che essa entri nei prezzi delle giornate che si corrispondono ai lavoranti stessi; e nelle circostanze in cui avviene di dover impiegare degli strumenti, degli apparati e delle macchine le quali non possono essere provviste dagli operai, si terrà conto della spesa per il loro mantenimento, e generalmente si fa questo aggiungendo alle altre spese una certa quota dipendente dalla durata e dal servizio che può prestare l'apparecchio impiegato.

In tutte le analisi che si instituiranno, si considererà di 10 ore la giornata di lavoro; si indicheranno con numeri quegli elementi che in seguito a risultamento di lunghe ed accurate esperienze si possono ritenere come dati fissi in ogni località ed in ogni circostanza; verranno trascurati quegli altri che non si possono ritenere come costanti, e si lascierà al criterio del costruttore la loro determinazione in ogni caso particolare.

Dovendosi considerare dei trasporti quali elementi d'analisi, si specificherà sempre a qual distanza orizzontale o a qual altezza si intendono essi eseguiti; e, qualora i trasporti si debbano fare sopra una via inclinata con pendenza di circa 1/12, si riterrà che la distanza orizzontale corrispondente sia i 2/3 di quella che trovasi indicata nell'analisi.

403. **Mercedi giornaliere.** — Le mercedi giornaliere da corrispondersi agli operai, per animali e per veicoli sono elementi variabilissimi colle località, col tempo, colle stagioni, colla maggiore o minore quantità di lavori da farsi in una stessa epoca, colla maggiore o minore abbondanza di braccia, di animali e di veicoli disponibili, per cui risulta impossibile lo stabilire dei dati fissi. Nel nuovo elenco generale di prezzi delle giornate, dei materiali e delle opere di costruzione pubblicato nel corrente anno 1866 dall'uffizio

d'arte della città di Torino si trovano le seguenti mercedi giornaliere :

Muratore	F. 2,30
Falegname, segatore e carpentiere	» 2,50
Fumista e stufista	» 3,00
Magnano e fabbro-ferraio	» 2,60
Scalpellino	» 3,50
Marmista riquadratore e conciatetti	» 4,20
Stuccatore riquadratore	» 4,20
Imbiancatore, colorista e verniciatore	» 3,30
Ottonaio e fontaniere	» 3,30
Lattaio	» 2,80
Vetraio	» 2,50
Cava-pozzi e vuota-cessi	» 2,00
Selcino e lastricatore	» 3,00
Asfaltatore	» 2,50
Terraiuolo e lavorante asfaltatore capaci di stabilirsi i piani e gli allineamenti	» 1,80
Lavorante di servizio alle macchine idrovore	» 2,25
Manuale ordinario	» 1,50
Garzone in aiuto a qualunque dei suddetti operai	» 1,20
Scavatore per sterri subacquei	» 3,00
Batteliere o rematore con barca ordinaria per trasporto su acqua o per aiuto nei lavori	» 5,00
Carro della capacità di 1/2 metro cubo ad un cavallo, col conducente obbligato a coadiuvare al carico e discarico	» 4,50
Carro della capacità di 1 metro cubo a due cavalli, con conducente obbligato a coadiuvare al carico e discarico	» 8,00
Coppia di cavalli o muli bardati col conducente, pel tiro del cilindro compressore delle inghiaiate	» 8,00
Cavallo bardato pel tiro di carro con botte per trasporto dell'acqua, compreso il conducente	» 4,00
Carro con coppia di buoi aggiogati e bovaro	» 8,00
Asino bardato per trasporti in collina, col conducente	» 2,75

Le indicate mercedi vengono corrisposte agli operai muniti di tutti gli strumenti ed utensili necessarii all'esercizio del loro mestiere ; in quanto poi alle ore di lavoro di cui consta la giornata importa fare le seguenti osservazioni : che pei magnani e fabbri-

ferrai è computata di ore 9 1/2; che pei falegnami, ottonai, fontanieri, lattai e vetrai è valutata di ore 11; che per tutti gli altri operai è quella fissata dalla commissione dei capi-mastri nelle sedute delli 18 e 21 agosto 1860, cioè: 1° nei mesi di maggio, giugno, luglio ed agosto dalle ore 5 del mattino alle ore 7 1|2 di sera, con intervallo dalle 7 alle 7 1|2 del mattino per la colazione e dalle 12 alle 2 per il pranzo; 2° nei mesi di aprile e settembre dal levare al tramontare del sole, coi già indicati intervalli dalle ore 7 alle 7 1|2 del mattino e dalle ore 12 alle 2; 3° nei mesi di ottobre, novembre, dicembre, gennaio, febbraio e marzo anche dal levare al tramontare del sole con un sol intervallo dalle ore 12 all'1 e 1|2.

Alle mercedi giornaliere contenute nella tavola che venne data conviene ancora aggiungere quella da corrispondersi ai minatori, che si può ritenere di franchi 2.

CAPITOLO I.

Analisi dei prezzi delle opere di sterro

404. I lavori elementari costituenti le opere di sterro, in conformità di quanto già venne detto al numero 2, sono la *smovitura* o *sminuzzamento*, il *paleggiamento*, il *carico*, il *trasporto* e lo *scarico;* i loro costi variano per conseguenza colla natura delle sostanze da sterrarsi colle località in cui si trovano, colla forma dei mezzi di trasporto, colla distanza orizzontale ed altezza per cui questo si deve effettuare; e quanto immediatamente si espone mostra come in ogni circostanza si possa trovare il prezzo dell'unità di volume di un determinato sterro, dovendosi eseguire il trasporto ad una nota distanza media con quei mezzi di cui il costruttore può e sa economicamente disporre.

405. **Analisi del prezzo degli sterri, compreso il paleggiamento oppure il carico sui mezzi di trasporto, e lo sgombramento se trattasi di sterri in sostanze rocciose.** — I. *Prezzo di 1 metro cubo di scavo di terra ad un numero qualunque di uomini paleggiata ad uno sbraccio orizzontale, oppure ad uno sbraccio verticale, oppure caricata sopra veicoli di trasporto.*

Il processo d'analisi è della massima semplicità e tutto si riduce a porre:

Giornate .... di lavorante comune per smovitura e per paleggiamento o per carico di 1 metro cubo di terra a F. .... l'una F. .....

Chiamando *m* il numero degli uomini esprimenti la natura della terra, in seguito ad accurate esperienze si trovò che il numero delle giornate da porsi nell'indicata analisi si può esprimere:

Per le terre non coperte da acque da paleggiarsi ad uno sbraccio orizzontale o da caricarsi sopra ceste, barelle e carriuole, con . . . . $0{,}066\ m$;

Per le terre non coperte da acque da paleggiarsi ad uno sbraccio verticale o da caricarsi sopra canestri, mastelli e carrette, con . . . . $0{,}017 + 0{,}066\ m$;

Per le terre coperte da acque da paleggiarsi ad uno sbraccio orizzontale o da caricarsi sopra ceste, barelle e carriuole, con . . . . $0{,}143\ m$;

Per le terre coperte da acque da paleggiarsi ad uno sbraccio verticale o da caricarsi sopra mastelli e carrette, con . . . . $0{,}022 + 0{,}143\ m$;

II. *Prezzo di 1 metro cubo di sterro di roccia compreso lo sgombramento dei massi.*

Giornate .... di minatore pel rompimento a F. .... l'una F. .....
Giornate .... di manovale per lo sgombramento a F. .... l'una » .....
Chilogrammi .... di polvere da mina a F. .... l'uno » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Mediamente si può ritenere che occorrano:

	Per le rocce		
	tenere	mezzane	dure
Giornate di minatore	0,30	0,70	1,30
» di manovale	0,10	0,25	0,50
Chilogrammi di polvere . . .	0,10	0,16	0,50

Si può mediamente ritenere che ascenda a franchi 2 il costo di 1 chilogramma di polvere da mina.

406. **Analisi del prezzo dei trasporti degli sterri coi più semplici mezzi di trasporto maneggiati da manovali, compreso il carico e lo scarico.** — *Prezzo di 1 metro cubo di sterro trasportato ad un numero qualunque di ricambi con ceste, con zane, con barelle, con carriuole.*

Giornate .... di manovale pel carico e tempo perduto.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una F. .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi variano col mezzo di trasporto e colla qualità dei materiali da trasportarsi. In seguito ad accurate osservazioni, e chiamando *n* il numero dei ricambi a cui il trasporto deve essere effettuato, è ormai confermato dalla pratica potersi ritenere i dati che si riferiscono nella seguente tavola:

Natura dello sterro	Mezzo di trasporto	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Terra asciutta	Ceste	0,067	0,200 *n*	0,050
»	Zane	0,120	0,055 *n*	0,034
»	Barelle	0,067	0,080 *n*	0,010
»	Carriuole	0,067	0,060 *n*	0,007
Terra limacciosa	Carriuole	0,143	0,073 *n*	0,008
Sterro di roccia	Ceste	0,083	0,250 *n*	0,063
»	Zane	0,150	0,074 *n*	0,042
»	Barelle	0,083	0,100 *n*	0,013
»	Carriuole	0,083	0,073 *n*	0,009

407. **Analisi del prezzo dei trasporti degli sterri con carrette a mano, compreso il carico e lo scarico.** — *Prezzo di un metro cubo di sterro trasportato ad un numero qualunque di ricambi con carrette a mano.*

Giornate .... di carretta pel carico da due lavoranti e tempo perduto.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di carretta a mano a F. .... l'una F. .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi si trovano riepilogati nella seguente tavola, nella quale *n* esprime il numero dei ricambi per cui il trasporto va effettuato:

Natura dello sterro	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Terra asciutta	0,041	0,010 *n*	0,016
Terra limacciosa	0,083	0,011 *n*	0,019
Sterro di roccia	0,050	0,013 *n*	0,020

La giornata di uua carretta manovrata da due uomini si può ritenere come variabile fra franchi 3,75 e 4.

408. Analisi del prezzo dei trasporti degli sterri con carrette a cavalli, compreso il carico e lo scarico. — *Prezzo di 1 metro cubo di sterro trasportato ad un numero qualunque di ricambi con carrette ad uno o più cavalli.*

Giornate .... di manovale pel carico a F. .... l'una F. .....

Giornate .... di carretta pel tempo perduto nel carico.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di carretta a ...... cavalli a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

In quanto al numero esprimente le giornate di manovale pel carico si può ritenere che esso non varii col numero dei cavalli attaccati alla carretta, e mediamente può essere rispettivamente rappresentato per le terre asciutte, per le terre limacciose e per gli sterri di roccia da 0,083, 0,167 e 0,100.

Per quanto concerne alle giornate di carretta, le quali variano colla natura dello sterro e col numero dei cavalli, chiamando *n* il numero dei ricambi esprimente la lunghezza del trasporto, possono valere i dati espressi nella tavola che immediatamente segue:

Natura dello sterro	Numero dei cavalli	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Terra asciutta	1	0,0291	0,0053 *n*	0,0102
»	2	0,0302	0,0025 *n*	0,0088
»	3	0,0295	0,0016 *n*	0,0062
»	4	0,0291	0,0012 *n*	0,0054
Terra limacciosa	1	0,0559	0,0061 *n*	0,0133
»	2	0,0572	0,0028 *n*	0,0101
Sterro di roccia	1	0,0351	0,0066 *n*	0,0129
»	2	0,0365	0,0031 *n*	0,0111

409. Analisi del prezzo dei trasporti degli sterri con carrette tirate da buoi, compreso il carico e lo scarico. — *Prezzo di 1 metro cubo di sterro trasportato ad un numero qualunque di ricambi con carrette tirate da uno o da due buoi.*

Giornate .... di manovale pel carico a F. .... l'una F. .....

Giornate .... di carretta pel tempo perduto nel carico.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di carretta a ...... a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Il tempo occorrente ad un manovale pel carico di 1 metro cubo di sterro si può ritenere di giornate 0,083 o di giornate 0,167 o di giornate 0,100 secondo che trattasi di terre asciutte o di terre limacciose o di sterri di roccia. I tempi consumati nel carico, nel trasporto e nello scarico sono mediamente quelli indicati nella tabella che segue, dove *n* esprime sempre il numero dei ricambi a cui il trasporto va eseguito:

Natura dello sterro	Numero dei buoi	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Terra asciutta	1	0,0299	0,0100 *n*	0,0155
»	2	0,0315	0,0057 *n*	0,0155
Terra limacciosa	1	0,0616	0,0115 *n*	0,0202
»	2	0,0630	0,0060 *n*	0,0180
Sterro di roccia	1	0,0359	0,0115 *n*	0,0182
»	2	0,0373	0,0078 *n*	0,0164

410. Analisi del prezzo dei trasporti degli sterri con asino, con mulo o con cavallo bardato, compreso il carico e lo scarico. — Allorquando non riesce possibile l'uso delle carriuole, delle carrette a mano, di quelle a cavalli e di quelle tirate da buoi, sia per la lunghezza del viaggio lungo una china, sia per le forti pendenze da superarsi, si possono fare i trasporti degli sterri mediante casse di legno, o con corbe o ceste intessute di vimini o di canne palustri, poste sul dosso di un asino, di un mulo o di un cavallo, e, valutando ogni ricambio a 20 metri di percorso orizzontale, si può instituire l'analisi che segue.

Prezzo di 1 metro cubo di sterro trasportato ad un numero qualunque di ricambi con asino o con mulo o con cavallo bardato.

Giornate .... di ...... bardato pel carico.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico.

Giornate .... di ...... bardato a F. .... l'una F. .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi sono quali appaiono dalla tavola che immediatamente segue, dove *n* esprime il numero dei ricambi di 20 metri orizzontali caduno, per cui deve esser fatto il trasporto:

Natura dello sterro	Animale pel trasporto	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Terra asciutta	Asino	0,083	0,040 *n*	0,017
»	Mulo / Cavallo	0,083	0,026 *n*	0,011
»				
Sterro di roccia	Asino	0,100	0,050 *n*	0,021
»	Mulo / Cavallo	0,100	0,033 *n*	0,014
»				

411. Analisi dei prezzi dei trasporti verticali degli sterri con ceste o con zane. — *Prezzo di 1 metro cubo di sterro trasportato ad un numero qualunque di ricambi verticali per iscaglioni con ceste, oppure con ceste o con zane salendo una comoda scala o una scala a mano.*

Giornate .... di manovale pel carico.
» .... » per l'alzamento.
» .... » per lo scarico.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una F. .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Indicando con *n* il numero dei ricambi verticali esprimenti l'altezza a cui lo sterro deve essere elevato e ritenendo di metri 1,60 l'altezza corrispondente a ciascun ricambio, siccome dati pratici da porsi in quest'analisi si possono ritenere i seguenti risultati medii d'esperienza:

Natura delle sterro	Modo del trasporto	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Terra	Per iscaglioni con ceste	0,066	0,100 »	0,082
»	Per comoda scala con ceste	0,066	0,150 »	0,050
»	Per scala a mano con ceste	0,066	0,100 »	0,050
»	Per comoda scala con zane	0,124	0,060 »	0,042
»	Per scala a mano con zane	0,124	0,099 »	0,061
Sterro di roccia	Per iscaglioni con ceste	0,083	0,126 »	0,103
»	Per scala comoda con ceste	0,083	0,188 »	0,063
»	Per scala a mano con ceste	0,083	0,125 »	0,063
»	Per scala comoda con zane	0,150	0,075 »	0,052
»	Per scala a mano con zane	0,150	0,124 »	0,076

412. Analisi dei prezzi dei trasporti verticali degli sterri colla burbera. — *Prezzo di 1 metro cubo di sterro elevato ad un numero qualunque di ricambi verticali colla burbera comune.*

Giornate .... di manovale pel carico.
» .... » per istaccare ed appendere i canestri.
» .... » per iscaricare i canestri.
» .... » pel tempo perduto.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una F. .....

Giornate .... di burbera comune a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

I dati pratici relativi alle giornate di manovale, da porsi in quest'analisi, risultano dalla seguente tabella:

Natura dello sterro	Giornate pel carico	Giornate per staccare ed appendere i canestri	Giornate per lo scarico dei canestri	Giornate per tempo perduto
Terra	0,0666	0,0166	0,0416	0,0055
Sterro di roccia	0,0830	0,0208	0,0524	0,0069

In quanto alle giornate di burbera, chiamando n il numero dei ricambi per cui il sollevamento deve essere operato, si ha:

Per le terre . . . . $0,0374 + 0,0152\ n$
Per gli sterri di roccia . . . . . $0,0470 + 0,0188\ n$

Il prezzo giornaliero per l'uso di una burbera a due uomini, compreso il consumo, si valuta in Torino di franchi 0,50, e può essere di franchi 0,80 o tutto al più di franchi 1,20 quello di una burbera a quattro uomini.

413. **Prezzi dei trasporti di sterri mediante vagoni.** — Parecchie formole empiriche vennero date dai pratici per la valutazione dei prezzi dei trasporti eseguiti mediante vagoni tirati da cavalli, e vengono qui sotto riferite quelle più accreditate nelle quali si tien conto: della provvisione e mantenimento del materiale, vagoni, vie provvisorie formate con materiali provvisorii; delle spese di costruzione, di riparazione, di conservazione e di disfacimento delle vie, della mano d'opera supplementare per carico e scarico; ed in generale di tutte le spese, eccettuate quelle di sterro e di vero carico.

L'ingegnere Duvignaud, pei trasporti eseguiti nella seconda sezione della strada ferrata d'Orléans a Bordeaux fra Poitiers e Libourne, e chiamando

x il prezzo in franchi di 1 metro cubo di sterro trasportato,

L la lunghezza accumulata dello scavo e del rilevato espressa in ettometri,

V il volume da trasportarsi in metri cubi,

D la distanza del centro di gravità dello scavo e del rilevato in ettometri, ed

I la pendenza della via per cui devono passare i vagoni da considerarsi come positiva quando i vagoni carichi discendono e come negativa nel caso contrario, ha data la seguente formola:

$$x = \frac{L+8}{V} 900 + 0,25 + 0,045\, D - DI \qquad (1)$$

per i casi di cantieri in cui le vie servono per la prima volta; e

$$x = \frac{L+8}{V} 250 + 0,25 + 0,045\, D - DI \qquad (1)$$

per i casi di cantieri in cui le vie servono per la seconda volta.

In Francia, per la costruzione della strada ferrata del Nord, ritenendo le significazioni già indicate per le lettere x e V, chiamando

D′ la distanza media del trasporto da effettuarsi espressa in metri, venne adottata la formola

$$x = \frac{15D' + 2000}{V} + 0,00031\,D' + 0,40 \qquad (2),$$

nella cui deduzione vennero fatte le ipotesi: 1° che la lunghezza delle vie provvisorie con rotaie definitive fosse 3D′; 2° che la lunghezza delle vie provvisorie senza rotaie definitive fosse di 300 metri; 3° che lo sviluppo totale delle vie posate, spostate o tolte per l'eseguimento dei lavori fosse eguale a 6D′.

L'ingegnere Barbant, per calcolare approssimativamente le spese per trasporti mediante vagoni tirati da cavalli, nello scavo della trincea da aprirsi sulla linea da Lille a Dunkerque, essendo sempre x il prezzo in franchi pel trasporto di 1 metro cubo, e chiamando rispettivamente V′ e D il volume da trasportarsi in decametri cubi e la distanza media del trasporto in ettometri, ha adottata la formola

$$x = \frac{D + 20}{V'}\,0,50 + 0,40 + 0,04\,D \qquad (3),$$

Questa formola, allorquando i volumi da trasportarsi sono d'una certa importanza, si può anche applicare ai casi in cui le vie provvisorie sono formate con un materiale definitivo.

Non bisogna credere che le tre formole (1), (2) e (3) applicate ad un medesimo caso possano somministrare risultati eguali, e le cause delle discrepanze che ne risultano derivano principalmente: dal modo di vedere le cose, il quale non può mai essere lo stesso nell'apprezzare quanto è necessario pella ricerca dei prezzi dei trasporti; dalle differenti circostanze che si presentarono nelle opere per le quali le citate formole vennero combinate.

Per quanto concerne al prezzo dell'escavazione di 1 metro cubo di sterro ed all'effettivo suo carico sui vagoni, verrà esso dedotto come si è indicato al numero 405, tuttora che il semplice paleggiamento delle sostanze sterrate ad uno sbraccio orizzontale oppure ad uno sbraccio verticale sia sufficiente a caricarle sui vagoni. Se la distanza dello sterro dai vagoni è talmente grande da essere necessario di fare il trasporto da quello a questi mediante ceste, barelle o carriuole, si cercherà innanzi tutto il costo di 1 metro cubo di sterro caricato su ceste, su barelle o su carriuole, poi il costo di 1 metro cubo di sterro trasportato con ceste, barelle o carriuole ai vagoni e scaricato in questi, e finalmente con una delle citate formole si

troverà il costo del trasporto con vagoni e dello scarico. La somma dei tre costi farà il prezzo totale del metro cubo di sterro.

Chiamando x il costo in franchi di 1 metro cubo di sterro traspor tato a 1000 metri di distanza su vagoni tirati da cavalli percorrendo un cammino orizzontale, il qual valore di x si può trovare con una delle formole stabilite, parecchie pratiche osservazioni hanno portato a conchiudere verificarsi approssimativamente i dati contenuti nella seguente tavola, mediante i quali è possibile valutare il costo di 1 metro cubo di sterro trasportato ad una distanza qualunque su una via orizzontale o su una via in pendenza del 4 per 1000 mediante vagoni tirati da locomotive.

Pendenza della strada	Prezzo del trasporto di 1 metro cubo ad 1 chilometro	Aumento per ciascun chilometro oltre il primo
0	$1,05\,x$	0,0391
+ 0,004	$0,99\,x$	0,0344
— 0,004	$1,09\,x$	0,0466

I dati che trovansi sulla linea nella quale la pendenza ha il segno + valgono pel caso in cui la via viene percorsa in discesa coi vagoni carichi, e quelli che sono sulla linea nella quale la pendenza ha il segno — si devono adottare nel caso in cui la via viene percorsa in ascesa coi vagoni carichi.

414. **Norme generali per trovare i prezzi degli sterri e dei loro trasporti eseguiti con procedimenti meccanici.** — Questi prezzi variano evidentemente colle macchine e coi processi che si adoperano, non che colle circostanze nelle quali vengono impiegati, per cui altro non si può fare che un cenno delle norme generalissime le quali conducono alla loro determinazione, e queste norme si possono riassumere come segue: si incominci dal trovare il costo delle macchine, degli utensili e del materiale tutto da impiegarsi nell'esecuzione del lavoro; si cerchi di dedurre il tempo per cui questi meccanismi, utensili e materiali possono durare; si calcolino la spesa d'ammortimento, l'interesse, il costo di forza motrice e di mano d'opera, e le spese tutte giornaliere affinchè le macchine possano regolarmente funzionare; la loro somma si divida per il numero dei metri cubi che in una giornata di lavoro si possono sterrare e portare alla formazione del rialzo, e il quoziente esprimerà il costo di un metro cubo di sterro compreso il suo trasporto.

415. **Prezzi dei trasporti verticali degli sterri per pozzi.** — Le norme generali esposte nel precedente numero sono quelle che in ogni caso particolare possono condurre il costruttore a trovare i pezzi degli sterri per pozzi, ed è solo per farsi una

prima idea dell'elevazione di 1 metro cubo di sterro all'altezza di 1 metro, compreso il carico non solo, ma anche lo scarico delle tinozze a piccola distanza dalla bocca del pozzo, che si riferiscono i seguenti dati numerici tratti da alcune pratiche osservazioni, nell'ipotesi che la mercede giornaliera di ciascun lavorante sia di franchi 3, e che la mercede per ogni pariglia di cavalli col suo conduttore sia di franchi 13:

Coll'uso dell'asse nella ruota manovrato da 2 uomini	F. 0,262
» » 3 »	» 0,242
» » 4 »	» 0,212
Coll'uso dell'asse nella ruota mosso da 2 cavalli con 1 conduttore e 2 uomini pel maneggio delle tinozze	» 0,231
Coll'uso dell'asse nella ruota mosso da 4 cavalli con 2 conduttori e 3 uomini pel maneggio delle tinozze	» 0,179

416. Prezzo degli sterri e dei trasporti degli sterri per gallerie, e cenni sul costo delle altre opere occorrenti alla completa loro esecuzione. — Questi prezzi sono variabili in ragione della natura del terreno, della sezione della galleria che vuolsi scavare, della sua lunghezza, e per trovare il costo dello scavo di una data galleria si procederà come segue: si determineranno i volumi che conviene estrarre per gli imbocchi e quelli che conviene estrarre pei pozzi; ciascuno dei volumi da estrarsi per gli imbocchi si suddividerà in parti non molto lunghe e non maggiori di 100 metri, si cercheranno le spese per scavare e per portare ai luoghi di deposito queste diverse parti coll'uso di carriuole, di carrette a mano o di vagonetti, e traendo partito dei dati pratici, registrati al numero 405 per quanto concerne all'operazione di sterro e di quelli registrati ai numeri 406 o 407 per quanto spetta ai trasporti, convenientemente aumentati per la maggior difficoltà che s'incontra nel lavorare in sotterraneo anzichè a cielo scoperto, e la somma di queste opere rappresenterà il costo degli sterri e trasporti fatti per gli imbocchi; analogamente ciascuno dei volumi da estrarsi pei pozzi verrà suddiviso in parti di lunghezza non maggiore di 100 metri, si calcoleranno le spese per sterrare e per portare tutte queste parti di sterro al fondo dei pozzi, e a queste spese si aggiungeranno quelle per sollevarle e portarle al luogo di deposito onde avere il costo totale del loro scavo e trasporto. Il costo dello sterro estratto dagli imbocchi aumentato del costo di quello sollevato pei pozzi

darà il costo dello scavo sotterraneo compreso il trasporto delle materie sterrate.

I signori Claudel e Laroque pretendono che, in seguito ad osservazioni fatte in più casi particolari, non compreso l'innalzamento per pozzi, tenendo conto dello sterro, del carico e del trasporto con carriuole o con carrette a mano, ad una distanza di 50 metri sotto galleria, il prezzo delle escavazioni in trincea a cielo scoperto stia a quello delle escavazioni in galleria, nel rapporto medio di 1 a 4 per le terre, sabbie, marne e tufi teneri, dell'1 a 3 per le marne e tufi che esigono l'uso del piccone per essere sterrati, e di 1 a 2,5 per le roccie dure che richiedono l'uso della mina.

Oltre la spesa per sterro propriamente detto e pel suo trasporto, la costruzione delle gallerie esige altre spese le quali, secondo i già citati autori Claudel e Laroque e pei casi di due gallerie, una in sostanze terrose facili a scoscendere ed una nella roccia viva che neppur richiede un rivestimento definitivo in muratura, mediamente e per una prima approssimazione si possono assumere proporzionali ai numeri delle due tavole che seguono, in cui la spesa totale dell'opera venne rappresentata coll'unità.

Per gallerie scavate in terreni pei quali sono necessarie armature in legname all'atto della costruzione e rivestimenti in muratura nell'opera ultimata:

Sterro propriamente detto e suo trasporto	0,215
Armature per impedire scoscendimenti ed armature per la costruzione del vôlto	0,325
Muratura	0,360
Prosciugamenti e lavori per lo scolo delle acque .	0,036
Spese generali	0,064
Totale	1,000

Per gallerie scavate nella roccia per le quali si esigono pochi rivestimenti e poche puntellature senza rivestimento definitivo in muratura:

Sterro propriamente detto e suo trasporto	0,666
Consumo di polvere da mina	0,095
Acquisto e riparazione d'utensili	0,155
Materiali pel trasporto	0,031
Armature, puntellamenti, stabilimento dei canali di scolo per le acque, spese diverse	0,053
Totale	1,000

417. Prezzi degli sterri subacquei fatti con macchine effossorie e dei loro trasporti. — Questi prezzi sono evidentemente variabili colla natura della sostanza a sterrarsi, coll'altezza dell'acqua e colla forma, disposizione e potenza della macchina effossoria di cui si dispone, per cui, nulla di assoluto potendosi precisare sul loro costo, si reputa sufficiente il riportare un esempio, riferito dai signori Claudel e Laroque nella loro opera *Pratique de l'art de construire*, nel quale è dato il costo di 1 metro cubo di sabbia, di arena e di ghiaia scavata con una macchina effossoria mossa da due cavalli sotto un'altezza d'acqua compresa fra 3 e 4 metri, trasportata a 100 metri di distanza mediante barche, ammucchiata sulla riva, caricata su carrette ad un cavallo e quindi trasportata e scaricata al luogo di deposito per essere misurata. La macchina era tale che in una giornata di 10 ore di lavoro serviva all'estrazione di 80 metri cubi di materiale, ed il costo di 1 metro cubo venne dedotto nel seguente modo:

1 capo-squadra	F.	5,00
1 aiutante	»	3,00
3 manovali a F. 2,50 caduno	»	7,50
1 fabbro	»	4,25
3 cavalli a F. 5 caduno	»	15,00
1 conduttore	»	2,25
Pel tempo perduto dal capo-squadra e dal suo aiutante nelle giornate in cui non si lavorava .	»	6,40
Interesse giornaliero del prezzo d'acquisto della macchina, valutando tal prezzo a F. 12000, e supponendo che mediamente possa lavorare 200 giorni per anno	»	3,00
Riparazioni, mantenimento della macchina ed altre spese accessorie	»	5,50
Costo per lo scavo di 80 metri cubi	F.	51,90
Costo di 1 metro cubo	»	0,65

1 rematore per condurre le barche	F.	4,50
4 uomini per scaricare le barche a F. 3 caduno	»	12,00
3 uomini per caricare le carrette a F. 3 caduno .	»	9,00
3 conduttori per le tre carrette a F. 3 caduno . .	»	9,00
Da riportare	F.	34,50

Riporto	F. 34,50
3 cavalli a F. 5 caduno	» 15,00
6 manovali per ammucchiare le materie trasportate al luogo di deposito a F. 2,50 caduno. .	» 15,00
Interesse del prezzo delle barche, delle carrette, e loro mantenimento	» 8,00
Costo pel trasporto ed ammucchiamento di 80 metri cubi	F. 72,50
Costo di 1 metro cubo	» 0,91

Prezzo di 1 metro cubo dello sterro subacqueo convenientemente ammucchiato al luogo di deposito $0^f,65 + 0^f,91 = 1^f,56$.

418. **Prezzi degli sterri e dei trasporti giusta l'elenco generale pubblicato dall'ufficio d'arte della città di Torino nell'anno 1866.** — I. *Prezzo di 1 metro cubo di sterro compreso il getto col badile ad una distanza orizzontale di 3 metri o ad un'altezza di metri* 1,60.

Sterro di terra ordinaria, forte e ghiaiosa usando del piccone	F. 0,20
Sterro di tufo tenero e di ghiaia compatta coll'uso del solo piccone o della zappa	» 0,60
Sterro di conglomerato o puddinga tenera e di tufo lapideo con uso delle biette, dei cunei e delle mazze in ferro	» 1,20
Ogni getto col badile più del primo	» 0,10

II. *Prezzo del trasporto di 1 metro cubo di sterro, compreso il carico, lo scarico e l'appianamento dell'interro.*

Per una distanza media compresa fra 9 e 50 metri.	F. 0,20
» » 51 e 100 » .	» 0,30
» » 101 e 200 » .	» 0,45
Per ogni 100 metri in più di distanza media . . .	» 0,08

Se il trasporto deve essere fatto in salita che oltrepassi il 5 per 100 non si tiene più conto della distanza, ma ogni metro di salita si valuta 30 metri di distanza orizzontale.

III. *Prezzo di 1 metro cubo di sterro, compreso il trasporto e l'appianamento alle pubbliche discariche.*

Sterro nella città in luogo chiuso e ristretto . .	F. 1,80
Sterro per fondazione di edifizi ed altri sterri qualunque in luoghi aperti	» 1,50

Sterro per pozzi sino ad 8 metri di profondità . . F. 2,20
Sterro per pozzi fino ad 8 metri di profondità e fino a metri 0,10 sotto il pelo d'acqua . . . » 2,50

IV. *Prezzo di 1 metro cubo di sterro subacqueo, compreso il trasporto ad una distanza orizzontale di 30 metri.*

Sterro alla profondità di metri 0,10 a 0,40 sotto le acque magre . . . . F. 2,20
Sterro alla profondità di metri 0,40 a 2 sotto il pelo delle acque magre, coll'aiuto di pompe e di altri mezzi meccanici pagati a parte . , ... » 2,40

CAPITOLO II.

Analisi dei prezzi delle opere di consolidamento degli scavi e dei rilevati.

419. In due diverse circostanze si può presentare l'esecuzione di lavori di consolidamento per scavi e per rilevati: o quando si vogliono essi impiegare come mezzi preventivi per assicurare la necessaria stabilità alle trincee ed ai terrapieni; o quando è imperiosa necessità di porre riparo ai danni apportati da qualche scoscendimento. Nel primo caso riesce cosa generalmente agevole il calcolare la spesa approssimata delle opere di consolidamento, giacchè si conosce sempre la loro forma, la loro disposizione e le loro dimensioni; nel secondo invece, variando questa spesa colla massa e colla figura dello scoscendimento non mai perfettamente cognita prima di togliere tutte le terre che subirono degli spostamenti, è ben difficile di stimarla *a priori* in un modo che abbastanza si approssimi al vero. — In quello che immediatamente segue si daranno le regolari analisi dei prezzi delle ordinarie opere di consolidamento, e si accennerà ai costi delle principali opere di consolidamento per grandi trincee e per grandi rilevati.

420. **Analisi del prezzo della pigiatura delle terre.** — L'esperienza ha dimostrato che un lavorante comune in una giornata di 10 ore di lavoro può mediamente pigiare coll'uso della mazzaranga 20 metri cubi di terra qualora la trovi già disposta per cordoli regolari di altezza non maggiore di metri 0,25, cosicchè, la pigiatura

di 1 metro cubo richiedendo 1/20 ossia 0,05 di giornata, il costo per pigiare 1 metro cubo di terra si otterrà col porre:

Giornate 0,05 di lavorante comune a F. .... l'una F. .....

421. Prezzo della seminagione e dei piantamenti. — Le seminagioni, eseguite come si è detto al numero 52, si pagano a metro quadrato, e mediamente si può ritenere che esse costino, compresa la semente e la mano d'opera, franchi 0,10 per ogni metro quadrato.

I piantamenti, come quelli di cui si è fatto cenno al già citato numero 52, costano generalmente più delle seminagioni, e si può ritenere che il prezzo per mano d'opera e provvista di piantine varii da franchi 0,15 a franchi 0,20 per ogni metro quadrato di superficie con tal mezzo consolidata.

422. Analisi del prezzo delle impellicciature. — I. *Prezzo di 1 metro quadrato d'impellicciatura di piote.*

Numero .... di piote per l'impellicciatura	F. .....
Giornate .... di lavorante capace a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Il numero delle piote necessarie all'impellicciatura di 1 metro quadrato si valuta: fissandosi le loro dimensioni; cercando quante volte il prodotto della loro lunghezza per la loro larghezza o quello della lunghezza per lo spessore, secondo che trattasi di impellicciature con piote posate di piatto o con piote posate di coda, è contenuto nella superficie di 1 metro quadrato; e aumentando il quoziente che ne risulta di 1/10 del quoziente stesso onde tener conto dello spreco. Il prezzo poi delle piote necessarie ad eseguire l'impellicciatura di 1 metro quadrato si può dedurre dalle seguenti considerazioni: che occorrono circa giornate 0,05 di lavorante per cavatura e tagliatura; che è necessario di guastare circa 4 metri quadrati di prato; che, fissandosi mediamente di metri 0,10 lo spessore delle piote, fanno esse un volume di metri cubi 0,400; e finalmente che il costo del carico, trasporto e scarico dal prato in cui si scavano al luogo dell'impiego può essere valutato come per un egual volume di terra.

Le giornate di lavorante capace e di manovale si possono ritenere di 0,05 per le piote posate di piatto, e di 0,14 per quelle poste di coda.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato d'impellicciatura di piote con palettatura.*

Numero .... piote per l'impelliciatura	F. .....
Numero .... palotti	» .....
Giornate .... di lavorante capace a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Il numero dei palotti è generalmente triplo di quello delle piote effettivamente messe in opera, e le giornate di lavorante capace e di manovale si possono mediamente ritenere di 0,08 per le piote posate di piatto, e di 0,17 per quelle collocate di coda.

423. **Analisi del prezzo delle incamiciate di fastelli.** — *Prezzo di 1 metro quadrato d'incamiciata di fastelli, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari .... di fastelli, compreso il consumo, a F. .... l'uno	F. .....
Numero 33 palotti lunghi metri 0,80 colla circonferenza al capo maggiore compresa fra metri 0,16 e 0,19, a F. .... il centinaio	» .....
Numero 3 pali a F. .... il centinaio	» .....
Numero 0,2 fasci di ritorte grosse a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di lavorante capace a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,6 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri quadrati	F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato	» .....

I fastelli occorrenti a fare 10 metri quadrati d'incamiciata di fastelli si possono ritenere di metri lineari 53 se si adoperano fastelli comuni, e di metri lineari 33 se impiegansi fastelli grossi.

Le giornate di lavorante capace per l'esecuzione di 10 metri quadrati d'incamiciata di fastelli si possono assumere di 0,70 quando impiegansi fastelli comuni, e di 0,60 allorquando si adoperano fastelli grossi.

424. **Analisi del prezzo delle incamiciate di graticci.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di graticcio per incamiciate, dedotto dall'analisi del prezzo di 24 metri quadrati.*

Numero 95 palotti lunghi da metri 1,20 a 1,30 colla circonferenza al capo maggiore di metri 0,09 a 0,12, a F. .... il centinaio F. .....
Numero 40 fasci di gorre mezzane a F. .... l'uno » .....
Numero 2 fasci di ritorte piccole a F. .... l'uno » .....
Giornate 2 di lavorante capace a F. .... l'una » .....

Prezzo di 24 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato d'incamiciata di graticci, dedotto dall'analisi del prezzo di 24 metri quadrati.*

Metri quadrati 24,00 di graticcio a F. .... l'uno F. .....
Numero 1,00 fascio di ritorte a F. .... l'uno » .....
Numero 20,00 pali a F. .... il centinaio » .....
Giornate 2,50 di lavorante capace a F. .... l'una » .....
Giornate 2,50 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 24 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

425. **Analisi del prezzo delle incamiciate di gabbioni e di buzzoni.** — I. *Prezzo di 1 gabbione, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 gabbioni.*

Numero 66 palotti lunghi da metri 1,20 a 1,30 colla circonferenza al capo maggiore di metri 0,09 a 0,12, a F. .... il centinaio F. .....
Numero 25 fasci di gorre mezzane, a F. .... l'uno » .....
Numero 2 fasci di ritorte piccole, a F. .... l'uno » .....
Giornate 3 di lavorante capace, a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 gabbioni F. .....
Prezzo di 1 gabbione » .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato d'incamiciata di gabbioni, dedotto dall'analisi del prezzo di 36 metri quadrati.*

Numero 60 gabbioni a F. .... l'uno F. .....
Metri lineari 32 di fastelli comuni a F. .... l'uno » .....
Giornate 2 di lavorante capace a F. .... l'una » .....
Giornate 3 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 36 metri quadrati F. .....
Prezzo di un metro quadrato » .....

III. *Prezzo di un buzzone.*

Numero .... palotti lunghi da metri 1,20 a 1,30 colla circonferenza al capo maggiore di metri 0,09 a 0,12 a F. .... il centinaio	F. .....
Numero .... fasci di gorre mezzane a F. .... l'uno	» .....
Numero .... fasci di ritorte piccole a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di lavorante capace a F. .... l'una	» .....
Giornata .... di lavorante comune a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 buzzone	F. .....

I buzzoni si distinguono in *buzzoni comuni* ed in *buzzoni grossi*: quelli comuni hanno la lunghezza di 2 metri, la larghezza di 1 metro e l'altezza di metri 0,50; quelli grossi hanno lunghezza e larghezza di 2 metri ed altezza pure di metri 0,50.

I dati pratici da porsi nell'analisi stabilita per trovare il costo di 1 buzzone sono quelli che risultano dalla seguente tavola:

	Pei buzzoni comuni	Pei buzzoni grossi
Numero dei palotti	19	26
Numero dei fasci di gorre . .	5,50	9
Numero dei fasci di ritorte . .	0,50	1
Giornate di lavorante capace .	1	1,50
Giornate di lavorante comune .	0,10	0,15

Conosciuto il prezzo di un buzzone, risulta agevole il trovare il costo di 1 metro quadrato d'incamiciata eseguita con questo materiale, procedendo in modo analogo a quanto si è indicato per trovare il prezzo di 1 metro quadrato d'incamiciata con gabbioni.

426. **Analisi del prezzo dei muri a secco.** — *Prezzo di 1 metro cubo di muro di pietrame a secco.*

Metri cubi .... di pietrame a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,50 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Il pietrame da impiegarsi nella formazione di un muro a secco non che le giornate di muratore sono elementi che variano secondo che il muro deve essere eseguito senza o con paramento, e si possono ritenere i dati della seguente tavola:

	Pei muri a secco	
	comuni	con paramento
Metri cubi di pietrame . .	1,05	1,10
Giornate di muratore . . .	0,35	0,45

L'elenco dei prezzi per le opere di costruzione da eseguirsi per conto del Municipio di Torino stabilisce i seguenti prezzi per 1 metro cubo delle diverse murature a secco:

Muro a secco con pietre spaccate di collina, debitamente scheggiate	F. 8
Muro a secco con scapoli di carriera, di forma scelta	» 12
Incamiciate di scarpe con pietre a secco metà spaccate, scheggiate a dovere	» 8
Incamiciate di scarpe con pietre a secco tutte spaccate	» 9

427. **Prezzo delle pietraie pel consolidamento di trincee.** — Si trova il costo di ogni metro cubo di queste opere tenendo conto: del costo del pietrame portato sul luogo dell'impiego, e convenientemente preparato, di quello della malta e dei mattoni per la formazione del loro suolo, e di quello delle piote che generalmente si pongono sul pietrame; del costo del legname per puntellamenti pure portato a piè d'opera ed opportunamente apparecchiato; dello sterro da farsi per aprire le fosse in cui devono essere collocate le pietre, compreso il suo trasporto; della mano d'opera per collocare a sito i puntellamenti, per eseguire il suolo, per riempire le fosse di pietrame e per qualsiasi altro lavoro elementare che esige il compimento dell'opera, come quello del posamento delle piote.

Ecco, secondo l'ingegnere Sazilly, il prezzo di 1 metro corrente dei fossi con pietraie aventi la sezione media di metri quadrati 0,25 stati eseguiti pei lavori della strada ferrata di Strasbourg:

Scavo della fossa e trasporto di metri cubi 0,250 di terra argillosa a F. 1,92 cadun metro cubo . .	F. 0,48
Maggior spesa per regolarizzazione del fondo e delle pareti della fossa	» 0,06
Provvista di malta, di mattoni e costruzione del suolo	» 1,20
Provvista e collocamento in opera di metri cubi 0,100 di pietrame e ciottoli a F. 6,20 cadun metro cubo	» 0,62
Provvista di metri quadrati 0,35 di piote dello spessore di metri 0,10, e loro collocamento in opera, a franchi 1,60 cadun metro quadrato	» 0,56
Prezzo di 1 metro corrente	F. 2,92

Il signor Bruère asserisce poter bastare, nelle ordinarie circostanze, il prezzo di F. 1,41 per ogni metro corrente di fosso con pietraia, e attribuisce la notevole differenza esistente fra il costo da esso stabilito e quello di Sazilly alle dimensioni dei mattoni che vorrebbe assai piccoli onde diminuire lo scavo, alla disposizione dei fossi ed alle loro dimensioni.

428. **Prezzo delle incamiciate in terra per il consolidamento delle scarpe di trincee.** — Ammettendo una circostanza favorevole all'economia del lavoro, ossia che in prossimità della scarpa da rivestirsi si trovi della terra adatta all'esecuzione dell'incamiciata, l'ingegnere Sazilly ha trovato che il costo di un metro quadrato d'incamiciata avente lo spessore di metri 0,30, ad opera finita, era quasi sempre inferiore a quello risultante dal seguente processo d'analisi:

Sterro di metri cubi 0,300 di terra argillosa nel sito in cui deve essere eseguita l'incamiciata, suo trasporto in deposito, regolarizzazione della superficie sulla quale l'incamiciata va eseguita, a F. 1,90 cadun metro cubo	F.	0,57
Provvista, trasporto, collocamento a posto e pigiatura di metri cubi 0,300 d'incamiciata di terra sana, a F. 2,03 cadun metro cubo	»	0,61
Regolarizzazione delle scarpe e seminagione . .	»	0,10
Prezzo di 1 metro quadrato	F.	1,28

Non bastando la sola incamiciata di terra al consolidamento di una scarpa ed essendo necessarii dei condotti posti nel senso della lunghezza della scarpa medesima ed altri nel senso di sue linee di massimo pendìo (num. 67), si terrà conto del costo di questi lavori valutando i materiali tutti impiegati nella loro confezione e l'intiera mano d'opera.

Il sig. Bruère, in una sua memoria sui lavori di prosciugamento delle scarpe delle trincee e dei rilevati, fa vedere essere troppo forte la somma di franchi 1,28 data dall'ingegnere Sazilly per 1 metro quadrato d'incamiciata in terra, e, tenendo conto dello scavo da farsi per far posto alla terra sana, della pigiatura, dello stabilimento delle banchine larghe circa 1 metro e poste a distanza verticale di circa 4 metri l'una dall'altra, dei condotti in muratura nel senso delle linee di massimo pendio aventi la larghezza media di 1 metro e posti a distanza di circa 60 metri l'uno dall'altro

dove le due pendenze opposte di due banchine attigue vengono ad incontrarsi, dimostrò potersi nelle ordinarie circostanze fissare a soli franchi 1,11 il costo di 1 metro quadrato d'incamiciata.

429. **Prezzo dei lavori di prosciugamento e di risanamento delle trincee aperte in terreni soggetti a lasciarsi rammollire dall'acqua e quindi facili a scoscendere.** — Da una relazione dell'ingegnere Daigremont sui lavori in terra eseguiti sotto la sua direzione lungo la strada ferrata dell'Est si ricavano parecchi dati, valevoli a dare una prima idea del costo delle profonde fognature con tubi e con materie filtranti per il prosciugamento e per il risanamento di trincee, e questi dati si possono riassumere:

1° Che in circostanze favorevoli, per trincee aventi mediamente la lunghezza di 400 metri e la profondità massima di 10 metri per le quali è necessario il solo consolidamento delle scarpe, può essere di franchi 3,65 il costo di un metro corrente di fogna spinta alla profondità media di 2 metri, e di franchi 0,57 quello del prosciugamento di 1 metro quadrato di scarpa;

2° Che in circostanze assai difficili, e per trincee mediamente lunghe 200 metri e profonde metri 0,75 per le quali si rende necessario il solo consolidamento del fondo, il costo della fognatura può salire a franchi 7,94 per ogni metro corrente di fogna spinta alla profondità di metri 1,60 ed a franchi 13,46 per ogni metro corrente di fondo prosciugato e risanato;

3° Che in circostanze difficili, in cui si rendono necessarie delle fogne longitudinali e delle fogne trasversali, e per trincee aventi mediamente lunghezza e profondità massima di metri 700 la prima e di metri 5 la seconda, il costo di un metro corrente di fogna longitudinale della profondità di metri 1,60 può arrivare a franchi 7,55, a franchi 34,50 la spesa per un metro corrente di fognatura trasversale spinta fino alla profondità massima di metri 5,70 e a franchi 15,40 il prezzo del prosciugamento e risanamento di 1 metro corrente di trincea;

4° Che in circostanze piuttosto difficili, per trincee mediamente lunghe 300 metri colla profondità massima di metri 5,60 e nel caso in cui il lavoro di consolidamento deve essere esteso alle scarpe ed al fondo, può salire a franchi 6,30 il costo di un metro corrente di fogna, ed a franchi 1,40 quello per il prosciugamento e risanamento di 1 metro quadrato di proiezione orizzontale della trincea.

L'ingegnere Masson in una sua memoria sui lavori di prosciugamento per la costruzione della strada ferrata di Mulhouse riferisce

alcuni dati utili a conoscersi, e mediante i quali si può facilmente arrivare a farsi un'idea del costo delle opere di prosciugamento e di risanamento delle trincee mediante fogne aventi per larghezza media della loro sezione trasversale metri 0,40 e profondità non maggiore di metri 1,20. I prezzi elementari delle giornate di operai e di materiali impiegati pei detti lavori, essendo quali risultano dalla tavola che segue, cioè,

Giornata di 10 ore di terraiuolo capace . . .	F.	4,00
» di manovale	»	3,25
» di muratore	»	4,20
Metro cubo di pietra rotta in pezzi di grossezza variabile fra metri 0,06 e metri 0,12 e provvista dall'impresa	»	7,05
Metro cubo di pietra rotta in pezzi di grossezza variabile fra metri 0,06 e metri 0,12 ricavata dallo sterro	»	3,50
Metro cubo di malta idraulica	»	17,26
Tegole curve comuni portate sul cantiere, per ogni migliaio	»	40,00
Tubi da drenaggio col diametro di metri 0,05 provvisti alla distanza di 30 chilometri e portati al cantiere, per ogni migliaio	»	53,00
Collari del diametro di metri 0,09, per ogni migliaio	»	33,00

ne deriva:

1° Che il prezzo del drenaggio fatto con tegole curve posate su malta idraulica e con pietre ricavate dallo sterro ascende a franchi 1,93 per ogni metro corrente di fogna ed a franchi 0,41 per ogni metro quadrato di superficie di scarpa prosciugata;

2° Che il prezzo del drenaggio eseguito pure con tegole curve come sopra, ma mediante pietre provviste dall'impresa, è di franchi 2,48 per ogni metro corrente di fogna e di franchi 0,53 per ogni metro quadrato di superficie di scarpa prosciugata;

3° Che 1 metro corrente di fogna eseguita con tubi e collari da drenaggio e con pietre ricavate dallo sterro costa mediamente franchi 1,59;

4° Che 1 metro corrente di fogna pure eseguita con tubi e collari da drenaggio ma con pietre provviste fuori della trincea può avere il costo medio di franchi 2,05.

430. **Prezzo delle riparazioni di scoscendimenti in trincea.** — È cosa impossibile il poter stabilire delle basi fisse per la valu-

tazione di questi lavori, imperocchè in generale gli scoscendimenti hanno luogo in maniere tanto diverse e derivano da cause tanto disparate da non potersi assoggettare le loro riparazioni ad una regola comune. Vi è però un caso di scoscendimenti assai frequente nelle trincee delle scarpe già eseguite, ma non ancora prosciugate, il quale talvolta si presenta anche nelle scarpe già fognate sia per un cattivo raccordamento dei condotti, sia ancora per loro ostruzione; ed esso avviene quando una scarpa scoscende per sdrucciolamento d'un volume di terra più o meno considerevole. In tale circostanza onde impedire che il male accaduto diventi più grave, torna generalmente utile lo stabilire una pietraia al di dietro della massa scoscesa onde impedire che filtrazioni d'acqua vengano ad insinuarsi nella terra già rammollita. Questa pietraia deve essere fatta da un estremo all'altro dello scoscendimento con molta rapidità; appena eseguita una parte di scavo, si regolarizzerà il suo fondo e si porranno in opera le pietre; si darà al fondo una pendenza piuttosto forte affinchè le acque facilmente possano essere portate via; e si procurerà di notevolmente aumentare le pietre di coprimento onde formare una specie di scogliera solida al disopra della sezione dalla quale scolano le acque.

L'ingegnere Masson, nella riparazione della trincea di Beaulieu, in cui il volume totale dello scoscendimento fu di 227,240 metri cubi, per una lunghezza di 29 metri, per un'altezza verticale di 3 metri e con uno spessore medio di metri 1,84, trovò che la ristaurazione di metri quadrati 123,50 di scarpa produsse una spesa di franchi 12,79 per ogni metro lineare di pietraia, e di franchi 7,66 per ogni metro quadrato di superficie riparata.

Lo stesso ingegnere, nella riparazione della trincea di Chifflard, dove il volume totale dello scoscendimento fu di metri cubi 466,785 per una lunghezza di 23 metri, per un'altezza verticale di metri 5,40 e con uno spessore medio di metri 2,07, riferisce essere stato di franchi 15,39 il costo di 1 metro corrente di pietraia e di franchi 6,28 quello di un metro quadrato della totale scarpa riparata avente la superficie di metri quadrati 225,50.

431. **Prezzo delle opere di consolidamento dei grandi rilevati.** — Il costo dei lavori necessari al consolidamento dei rilevati non è tale da potersi preventivamente assegnare con una certa approssimazione a motivo dei numerosi elementi che concorrono a farlo variare, quali sono la natura delle terre, l'altezza del rialzo, la sua disposizione, l'essere più o men compressibile il suolo sul quale appoggia, il sistema di consolidamento che converrà adottare

e la distanza del trasporto. Solamente in modo generale si può dire che qualora vogliasi conoscere il presuntivo per una di queste opere bisognerà farne il progetto in conformità dei precetti dati all'articolo III del capitolo II, valutare il quantitativo dei materiali da impiegarsi e quindi il loro costo per averli al cantiere dei lavori traendo partito dei processi d'analisi che trovansi in questo lavoro sull'arte di fabbricare al volume che tratta dei *Materiali da costruzione ed analisi dei loro prezzi*, stimare con quanta approssimazione si può la mano d'opera per l'eseguimento dei diversi lavori servendosi dei loro prezzi elementari che facilmente si potranno dedurre dai dati contenuti in questo volume, ed aggiungere al valore dei materiali quello dell'intiera mano d'opera.

CAPITOLO III.

Analisi dei prezzi delle inghiaiate, delle selciate, dei lastricati e dei ballast.

432. Le inghiaiate e le massicciate che talvolta si stabiliscono sotto di esse, non che i ballast si pagano generalmente a metro cubo di materiale impiegato; le selciate ed i lastricati si valutano a metri quadrati. Nelle analisi che si instituiranno si supporrà: che le pietre per massicciate, che le ghiaie per inghiaiate, che i ciottoli per selciate, e che i materiali per ballast siano disposti in cumuli in determinati siti di deposito e che quindi debbano essere trasportati ad una certa distanza per arrivare al luogo del loro impiego.

433. Analisi del prezzo delle massicciate. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di pietre per massicciate prese nei siti di deposito e trasportate al luogo dell'impiego mediante barelle.*

Metri cubi	1,000	di pietre al sito di deposito		F. .....
Giornate	0,10	di manovale	pel carico.	
»	....	»	pel trasporto.	
»	0,15	»	per lo scarico e tempo perduto.	
Giornate	....	di manovale a F. .... l'una		F. .....
			Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Se chiamasi con *n* il numero dei ricambi pei quali il trasporto deve essere effettuato, il numero delle giornate pel trasporto sarà espresso da 0,120*n*.

II. *Prezzo di 1 metro cubo di pietre per massicciate prese nei siti di deposito e trasportate al luogo dell'impiego colla carriuola.*

Metri cubi	1,000	di pietre al sito di deposito	F. .....
Giornate	0,10	di manovale pel carico a F. .... l'una	» .....
Giornate	....	di carriuolante pel trasporto.	
»	0,01	» per lo scarico e tempo perduto.	
Giornate	....	di carriuolante a F. .... l'una	» .....
		Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

In quanto alle giornate di carriuolante pel trasporto si possono esse esprimere con 0,090*n*, essendo *n* il numero dei ricambi pei quali il trasporto deve essere effettuato.

III. *Prezzo di 1 metro cubo di pietre per massicciate prese nei siti di deposito e trasportate al luogo dell'impiego mediante la carretta a mano.*

Metri cubi	1,000	di pietre al sito di deposito	F. .....
Giornate	0,065	di carretta pel carico da due lavoranti.	
»	....	» pel trasporto.	
»	0,024	» per lo scarico e tempo perduto.	
Giornate	....	di carretta a mano a F. .... l'una	» .....
		Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Le giornate di carretta a mano pel trasporto variano col numero *n* dei ricambi che esprime la lunghezza del trasporto, e si può ritenere che esse siano espresse da 0,015*n*.

IV. *Prezzo di 1 metro cubo di pietre per massicciate prese nei siti di deposito e trasportate al luogo dell'impiego mediante una carretta a cavalli.*

Metri cubi	1,000	di pietre al sito di deposito	F. .....
Giornate	0,13	di manovale pel carico a F. .... l'una	» .....
		Da riportare	F. .....

Riporto F. .....

Giornate	0,0435	di carretta pel tempo perduto nel carico.	
»	....	» pel trasporto.	
»	....	» per lo scarico.	
Giornate	....	di carretta a cavalli a F. .... l'una	» .....
		Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Indicando con n il numero dei ricambi il quale esprime la distanza del trasporto si può ritenere che le giornate di carretta pel trasporto e per lo scarico variino col numero dei cavalli nel modo indicato dalla seguente tavola:

	Giornate di carretta	
	pel trasporto	per lo scarico
Carretta ad un cavallo	0,0080n	0,0133
» a due cavalli	0,0038n	0,0095

V. *Prezzo di 1 metro cubo di pietre spaccate poste in opera per la formazione di massicciate.*

Metri cubi	1,00	di pietre portate al luogo dell'impiego	F. .....
Giornate	0,15	di lavorante capace a F. .... l'una	» .....
		Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

434. **Analisi del prezzo delle inghiaiate.** — Il prezzo di 1 metro cubo di ghiaia preso nei siti di deposito, caricato sui mezzi di trasporto, portato al luogo dell'impiego e qui disposto in piccoli cumuli, si ottiene procedendo analogamente a quanto si è fatto per le pietre per massicciate, ed in quanto ai dati numerici da porsi nelle diverse analisi sono essi quelli stessi che trovansi registrati al capitolo I pel carico, trasporto e scarico degli sterri di roccia. In quanto al *prezzo di 1 metro cubo di ghiaia posta in opera per la formazione di un inghiaiata* risulta dal seguente semplicissimo processo d'analisi:

Metri cubi	1,000	di ghiaia portata al luogo dell'impiego	F. .....
Giornate	0,125	di manovale a F. .... l'una	» .....
		Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Nel nuovo elenco dei prezzi pubblicato dall'ufficio d'arte della città di Torino si trovano i seguenti dati relativamente alle opere per strade ad impietramento:

Spandimento di 1 metro cubo di sabbia, sabbione e ghiaia a distanza non maggiore di 5 metri, con ripassamento a rastrello . . . . F. 0,15
Spandimento e trasporto a distanza non maggiore di 50 metri di sabbia, sabbione o ghiaia con ripassamento a rastrello . . . . » 0,35
Vagliatura di 1 metro cubo di ghiaia . . . . . » 0,50
Spaccatura di ciottoli per formare 1 metro cubo di ghiaia » 1,50
Cilindratura di 1 metro quadrato di uno strato di ghiaia dello spessore medio di metri 0,10 sino a perfetto assodamento, compreso l'occorrente innaffiamento » 0,15
Innaffiamento di un'ara di strada fatto con ventola . » 0,06
Innaffiamento di un'ara di strada fatto con botti . . » 0,12

435. **Analisi del prezzo delle selciate a secco.** — I materiali che entrano nella formazione delle selciate a secco sono la sabbia ed i ciottoli. Il prezzo di 1 metro cubo di questi materiali portati sul luogo dell'impiego, allorquando trovansi essi già accumulati in appositi siti di deposito, risulta dal costo di 1 metro cubo portato in deposito, e dai costi del carico su veicoli di trasporto, dell'effettivo trasporto e dello scarico, i quali ultimi tre costi si deducono in ogni caso, come si è detto al capitolo I parlando delle terre se trattasi di sabbie, e come si è indicato al numero 433 se trattasi di ciottoli. Il prezzo poi di 1 metro quadrato di selciata risulta dalle seguenti analisi.

I. *Prezzo di 1 metro quadrato di selciata a secco.*

Metri cubi 0,150 di sabbia a F. .... l'uno	F. .....
Metri cubi 0,133 di ciottoli a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,07 di lastricatore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,07 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di selciata a secco rinnovata.*

Metri cubi 0,07 di sabbia a F. .... l'uno	F. .....
Metri cubi 0,06 di ciottoli a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,08 di lastricatore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,08 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Il prezzo di 1 metro quadrato di selciata è in Torino quale risulta dalla seguente tavola:

Per le selciate comuni . . . . F. 1,50
Per le selciate comuni rinnovate utilizzando i vecchi materiali buoni . . . . » 0,80
Per le selciate con ciottoli a due colori . . . . » 2,20
Per le selciate con ciottoli a due colori rinnovate utilizzando i vecchi materiali buoni . . . . . » 1,60

436. **Analisi del prezzo delle selciate con malta.** — Il costo di 1 metro cubo di sabbia e di 1 metro cubo di ciottoli presi nei siti di deposito e portati sul luogo dell'impiego si deducono come si è accennato nel precedente numero, e rimane da indicare come si potrà stabilire il costo di 1 metro cubo di malta presa al sito di sua fabbricazione e portata sul luogo dell'impiego qualora trovisi questo ad una certa distanza da quello.

I. *Prezzo di 1 metro cubo di malta per selciata, presa nel sito di sua fabbricazione e portata al luogo dell'impiego mediante secchie.*

Metri cubi 1,000 di malta al luogo di fabbricazione F. .....

Giornate	0,145	di bardotto	pel carico.	
»	....	»	pel trasporto.	
»	0,057	»	per lo scarico e tempo perduto.	
Giornate	....	di bardotto a F. .... l'una		» .....
			Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Il tempo impiegato pel trasporto di 1 metro cubo di malta si può ritenere come espresso da $0,15n$, allorquando si indichi con n il numero dei ricambi orizzontali o verticali pei quali il trasporto deve essere fatto.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di selciata con malta.*

Metri cubi 0,20 di sabbia a F. .... l'uno	F. .....
Metri cubi 0,09 di malta a F. .... l'uno	» .....
Metri cubi 0,12 di ciottoli a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,10 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,10 di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,10 di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

437. **Analisi del prezzo dei lastricati.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di lastricato con conci posati su sabbia.*

Numero .... conci a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi 0,15 di sabbia a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,07 di selciatore a F. .... l'una » .....
Giornate 0,07 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Il numero dei conci da impiegarsi per la formazione di 1 metro quadrato di lastricato dipende dalla lunghezza e dalla larghezza dei conci medesimi, e per trovare questo numero si osserva che le commessure occupano sul pavimento da 1/15 ad 1/20 del pavimento intiero, cosicchè basta prendere dai 14/15 ai 19/20 di 1 metro quadrato per avere la vera superficie occupata dai conci, e dividere il risultato per la superficie superiore di un concio onde avere il numero domandato.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di lastricato con malta.*

Metri cubi 0,090 di sabbia o di calcinaccio per formazione del letto a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi 0,042 di malta a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,005 di malta cementizia per stuccature a F. .... l'uno » .....
Metri quadrati 1,00 di lastre di pietra a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,13 di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate 0,13 di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate 0,05 di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

L'analisi che or ora si è instituita suppone che trattisi di un lastricato con malta posato su un letto di sabbia o di calcinaccio: l'analisi per lo stabilimento di un lastricato, per cui sullo strato di sabbia si pongono uno o più corsi di mattoni, verrà fatta come la precedente, salvo che vi sarà il costo della muratura di mattoni che effettivamente viene impiegata onde fare 1 metro quadrato di lastricato.

Ecco i prezzi del metro quadrato di alcuni lastricati quali si usano in Torino:

1° Lastricato di bargioline (lastre di Barge) a due colori, di metri 0,30 di lato e metri 0,03 di spessore medio, posate sovra uno strato di malta misto con gesso di conveniente spessore, con i giunti a per-

fetto filo nei lati non eccedenti metri 0,002 e stuccato con malta cementizia di coccio . . . . F. 5,00

2° Lastricato pure di bargioline come il precedente, ma con lastre aventi da metri 0,20 a 0,25 di lato » 4,50

3° Lastricato con lastre profilate a spigoli vivi di Luserna, di Barge, di Bagnolo, di Rorà, o di qualità equivalente, grosse metri 0,03, colla squadratura media di metri 0,60 a 0,90, appianate e lavorate a grana fina sulle facce viste, disposte a corsi regolari su letto di malta e stuccate con malta cementizia di coccio . . . . » 5,20

4° Lastricato come il precedente, ma con lastre quadrate aventi da metri 0,50 ad 1 di lato . . . . » 6,00

5° Per ogni centimetro d'aumento nella grossezza delle lastre fino a metri 0,07 pel lastricato del numero 2° » 1,00

6° Per ogni centimetro d'aumento nella grossezza sino a metri 0,07 pel lastricato del numero 4° . . . » 1,20

7° Rifacimento di vecchio lastricato compreso il trasporto, occorrendo, ed il rifilamento delle lastre vecchie . . . . » 2,50

8° Lastricato per marciapiedi in lastre di Luserna, ben appianate, lavorate a tutta squadratura nei fianchi, e della grossezza di metri 0,07 a 0,10 e collocate in opera sopra uno strato di muratura di due corsi di mattoni . . . . » 14,00

9° Lastricato come il precedente, con lastre dello spessore di metri 0,10 a 0,12 . . . . » 16,00

438. **Prezzi delle selciate con rotaie e marciapiedi.** — Si troverà in ogni caso particolare il costo dell'opera intiera trovando separatamente il costo della selciata, poi quello del lastricato che costituisce i marciapiedi, e quindi quello delle rotaie: la somma dei tre valori parziali costituirà il prezzo dell'opera totale. Già vennero dati gli opportuni processi d'analisi onde arrivare ai costi della selciata e del lastricato per marciapiedi, e solo rimane a vedersi come si potrà avere il costo delle rotaie. Perciò si osserverà: quanti metri cubi di pietra occorrono per la loro esecuzione; quanto si deve spendere per avere questa pietra digrossata sul luogo dell'impiego; qual è il costo per ridurre i blocchi a tutta squadratura, intestati e refilati nei giunti, spianati grossamente nella faccia in-

feriore e lavorati a grossa punta nelle altre facce; e finalmente qual somma occorre per la preparazione del fondo sodo.

Nella parte già pubblicata di questo lavoro sull'arte di fabbricare, al volume che tratta dei *Materiali da costruzione ed analisi dei loro prezzi*, ed al capitolo I della seconda parte, si hanno gli elementi necessarii per trovare il prezzo di 1 metro cubo di rotaia portata sul luogo dell'impiego e convenientemente lavorata, e basti qui il dire come questo prezzo è in Torino:

Per le pietre di S. Giorio, di Cumiana ed altre simili F. 105
Per i graniti . . . . » 110

439. **Prezzi dei ballast**. — Il costo dei ballast per strade ferrate, trovandosi già i materiali accumulati in appositi siti di deposito, dipende: dalla somma occorrente alla preparazione del suolo sul quale il ballast deve essere formato; dalla spesa pel carico, trasporto e scarico dei materiali, che lo devono costituire, al luogo dell'impiego; e dal valore della mano d'opera necessaria al regolare spandimento di questi materiali. La somma occorrente alla preparazione del suolo si deduce convenientemente applicando quanto si è detto parlando delle analisi dei prezzi delle opere di sterro; la spesa per carico, trasporto e scarico, qualunque sia il mezzo di trasporto, agevolmente si deduce traendo partito di quanto si è insegnato sui trasporti degli sterri al capitolo I intorno al già citato argomento delle analisi delle opere di sterro, il valore della mano d'opera pel regolare spandimento dei materiali che devono formare il ballast risulta dal processo d'analisi dato al numero 434 parlando delle inghiaiate.

I costi dei ballast, compresa la totale provvista dei materiali ed il totale trasporto, variano colle circostanze e principalmente colle distanze dei trasporti, e, entro limiti di grossolana approssimazione, si può ritenere che essi oscillino, compresa la preparazione del suolo quando non è ad incassatura, da franchi 1,50 a 4 per ogni metro cubo di materiali impiegati.

CAPITOLO IV.

Analisi dei prezzi delle murature.

440. Le murature si pagano generalmente a metri cubi: i muri laterizi aventi per spessore la dimensione massima e quelli di spessore eguale alla dimensione media dei mattoni, i muricci di quarto e quelli di tavelle in costa sono i soli pei quali suolsi stabilire il costo per ogni metro quadrato.

Nell'instituire le analisi dei prezzi delle opere in muratura si cercherà prima il costo dei materiali portati *a piè d'opera*, ossia a distanza orizzontale non maggiore di 60 metri dal luogo dell'effettivo impiego; e si passerà quindi a trovare i prezzi delle varie qualità di muratura che sono di uso più frequente nella pratica, distinguendo i due casi, delle murature da farsi a distanza verticale minore di 3 metri e di quelle da farsi a distanza verticale maggiore di 3 metri dalla superficie del suolo. I lavori di minor entità, come innaffiamento di materiali e di muratura già eseguita, coprimenti per difendere i lavori dalle azioni atmosferiche, ecc., non figureranno nelle analisi giacchè nelle giornate di muratore, di manovale e di bardotto sono anche compresi i tempi che ad essi occorrono pel disimpegno di ogni lavoro secondario.

441. Analisi del prezzo dei materiali da impiegarsi per murature. portati a piè d'opera. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di malta presa al luogo di fabbricazione e portata a piè d'opera mediante secchie.*

Metri cubi 1,000 di malta al luogo di sua fabbricazione F. .....

Giornate .... di bardotto pel carico.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

I dati numerici da porsi nell'indicata analisi, chiamando n il numero dei ricambi orizzontali per cui va fatto il trasporto, si possono assumere come segue:

Giornate pel carico 0,143
» pel trasporto . . . . 0,200 *n*
» per lo scarico e tempo perduto 0,057

II. *Prezzo di 1 metro cubo di pietrame o di 100 laterizi presi al sito di deposito e portati a piè d'opera con ceste, con zane, con barelle e con carriuole.*

.... al sito di deposito F. .....

Giornate .... di manovale pel carico.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di ...... F. .....

I dati da porsi in quest'analisi sono quelli che risultano dalla seguente tavola, nella quale *n* esprime sempre il numero di ricambi rappresentanti la distanza per cui si deve fare il trasporto:

Indicazione dei materiali	Indicazione del mezzo di trasporto	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Pietrame	Ceste	0,100	0,300 *n*	0,075
»	Zane	0,130	0,090 *n*	0,115
»	Barelle	0,100	0,120 *n*	0,015
»	Carriuole	0,100	0,090 *n*	0,010
Laterizi	Ceste	0,010	0,025 *n*	0,010
»	Zane	0,010	0,010 *n*	0,015
»	Barelle	0,010	0,015 *n*	0,010
»	Carriuole	0,010	0,010 *n*	0,010

III. *Prezzo di 1 metro cubo di pietrame o di 100 laterizi presi al sito di deposito e portati a piè d'opera colla carretta a mano.*

.... al sito di deposito F. .....

Giornate .... di carretta pel carico da due lavoranti.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di carretta a mano a F. .... l'una » .....

Prezzo di ...... F. .....

Ecco i dati pratici da porsi in quest'analisi, indicando con *n* il numero dei ricambi esprimenti la distanza del trasporto:

Indicazione dei materiali	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Pietrame	0,065	0,015 *n*	0,024
Laterizi	0,005	0,002 *n*	0,008

IV. *Prezzo di 1 metro cubo di pietrame squadrato preso al sito di deposito e portato a piè d'opera colla barella da quattro uomini.*

Metri cubi 1,000 di pietrame squadrato al sito di deposito F. .....

Giornate 0,100 di barella pel carico.
» .... » pel trasporto.
» 0,100 » per lo scarico.

Giornate .... di barella a quattro uomini a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Indicando con *n* il numero dei ricambi esprimenti la distanza a cui il pietrame deve essere portato, le giornate di barella a quattro uomini pel trasporto si possono assumere siccome rappresentate da 0,030 *n*.

V. *Prezzo di 100 laterizi verticalmente gettati colla mano ad un numero qualunque di ricambi verticali.*

Numero 100 laterizi al sito di deposito F. .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 100 laterizi F. .....

Indicando con *n* il numero dei ricambi verticali per cui il getto deve essere fatto, si può ritenere che le giornate di manovale da porsi nella data analisi siano espresse da 0,0083 $(n + 1)$

VI. *Prezzo di 1 metro cubo di malta portata mediante secchie ad un numero qualunque di ricambi verticali.*

Metri cubi 1,000 di malta al luogo di sua fabbricazione F. .....

Giornate 0,143 di bardotto pel carico.
» .... » pel trasporto.
» 0,057 » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Essendo *n* il numero dei ricambi per cui il trasporto deve essere eseguito, le giornate di bardotto pel trasporto si possono ritenere siccome espresse da 0,150 *n* allorquando deve esso salire per una comoda scala, e da 0,100 *n* quando deve salire per una scala a piuoli.

VII. *Prezzo di 1 metro cubo di pietrame o di 100 laterizi presi al sito di deposito e portati con ceste ad un numero qualunque di ricambi verticali.*

.... al sito di deposito F. .....

Giornate .... di manovale pel carico.
» .... » pel trasporto.
» .... » per lo scarico e tempo perduto.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di ...... F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi sono quelli che si riferiscono nella tavola che segue, dove *n* è il numero dei ricambi verticali per cui s'intende fatto il trasporto.

Indicazione dei materiali	Indicazione della via per cui si fa il trasporto	Giornate pel carico	Giornate pel trasporto	Giornate per lo scarico
Pietrame	Comoda scala	0,100	0,225 *n*	0,075
»	Scala a piuoli	0,100	0,150 *n*	0,075
Laterizi	Comoda scala	0,010	0,015 *n*	0,010
»	Scala a piuoli	0,010	0,010 *n*	0,010

VIII. *Prezzo di 1 metro cubo di malta innalzata colla burbera comune ad un numero qualunque di ricambi verticali.*

Metri cubi 1,000 di malta al luogo di sua fabbricazione F. .....
Giornate 0,1430 di bardotto pel carico a F. .... l'una » .....

Giornate 0,0190 di manovale per istaccare ed appendere i mastelli.
» 0,0476 » per iscaricare i mastelli.
» 0,0063 » pel tempo perduto.

Giornate 0,0729 di manovale a F. .... l'una » .....

Giornate .... di burbera comune a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Le giornate di burbera si possono ritenere espresse da 0,0426 + 0,0175 n, dove n esprime il numero dei ricambi verticali misuranti la distanza del trasporto.

IX. *Prezzo di 1 metro cubo di pietrame o di 1000 laterizi presi al sito di deposito ed innalzati colla burbera comune ad un numero qualunque di ricambi verticali.*

.... al sito di deposito. F. .....

Giornate 0,1000 di manovale pel carico.
» .... » per istaccare ed appendere i canestri.
» .... » per vuotare i canestri.
» .... » pel tempo perduto.

Giornate ... di manovale a F. .... l'una » .....

Giornate .... di burbera comune a F. .... l'una » .....

Prezzo di ...... F. .....

I dati numerici da porsi in quest'analisi sono quelli che risultano dalla tavola che segue, nella quale n è il numero dei ricambi verticali per cui deve essere fatto l'innalzamento:

Indicazione dei materiali	Giornate per istaccare e appendere i canestri	Giornate per vuotare i canestri	Giornate pel tempo perduto	Giornate di burbera
Pietrame	0,0250	0,0624	0,0083	0,0561 + 0,0299 n
Laterizi	0,0222	0,1277	0,0074	0,0499 + 0,0205 n

Il prezzo di 1 metro cubo di calcestruzzo, preso al luogo di sua fabbricazione e portato a piè d'opera per la costruzione di muri alla rinfusa, si deduce da analisi identiche a quelle or ora stabilite, nelle quali si possono porre i dati numerici già riferiti al capitolo primo parlando dei trasporti dei frantumi di pietre che nel citato capitolo vennero indicati sotto la denominazione di sterri di roccia.

In quanto ai prezzi di 1 metro cubo di malta, di calcestruzzo, di pietrame comune, di 100 o di 1000 laterizi, ecc., presi al cantiere nei siti di fabbricazione e nei siti di deposito, risultano essi dai processi d'analisi che già vennero instituiti nella seconda parte del volume che tratta *dei materiali da costruzione e delle analisi dei loro prezzi.*

442. Analisi del prezzo dei muri in pietra. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di muro di pietrame coi materiali già portati a piè d'opera ossia a distanza orizzontale non maggiore di 60 metri ed a distanza verticale non maggiore di 3 metri dal luogo dell'effettivo impiego.*

Metri cubi .... di pietrame a F. .... l'uno	F .....
Metri cubi 0,320 di malta a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,25 di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

I dati numerici da porsi in quest'analisi variano evidentemente col grado di lavoratura che deve presentare il muro, e possono essi ritenersi quali risultano dalla seguente tavola:

Indicazione della muratura	Metri cubi di pietrame	Giornate di muratore	Giornate di manovale
Muro senza paramento	1,050	0,40	0,60
Muro con paramento	1,100	0,50	0,65

II. *Prezzo di 1 metro cubo di muro di pietrame, dovendosi trasportare i materiali ad un numero qualunque di ricambi verticali oltre i primi tre metri d'altezza.*

Il processo d'analisi è identico a quello che or ora venne indicato; i dati numerici relativi ai quantitativi di pietrame e di malta e quelli che si riferiscono alle giornate di muratore non variano; e, indicando con *n* il numero dei ricambi verticali al di là dei 3 primi metri d'altezza, si riterranno le giornate di manovale e di bardotto quali sono espresse nella seguente tavola.

Indicazione della muratura	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
Muratura senza paramento	0,60 + 0,20 *n*	0,25 + 0,06 *n*
Muratura con paramento	0,65 + 0,20 *n*	0,25 + 0,06 *n*

III. *Prezzo di 1 metro cubo di muro di massi coi materiali già portati a piè d'opera.*

Metri cubi .... di massi a F. .... l'uno	F. .....
Metri cubi .... di pietrame a F. .... l'uno	» .....
Metri cubi 0,280 di malta a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,25 di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Ecco i dati numerici da porsi in quest'analisi:

Indicazione della muratura	Metri cubi di massi	Metri cubi di pietrame	Giornate di muratore	Giornate di manovale
Muro senza paramento	0,720	0,330	0,45	0,80
Muro con paramento	0,750	0,350	0,55	0,90

IV. *Prezzo di 1 metro cubo di muro di massi, dovendosi senza macchine trasportare i materiali ad un numero qualunque di ricambi verticali oltre i primi 3 metri d'altezza.*

Il processo d'analisi è come quello del numero III; non variano i metri cubi di massi, di pietrame e di malta e le giornate di muratore, indicando poi con *n* il numero dei ricambi verticali al di là dei primi 3 metri d'altezza: le giornate di manovale e di bardotto si possono mediamente ritenere quali risultano dalla seguente tavola:

Indicazione della muratura	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
Muro senza paramento	0,80 + 0,25 *n*	0,25 + 0,055 *n*
Muro con paramento	0,90 + 0,25 *n*	0,25 + 0,055 *n*

V. *Prezzo di 1 metro cubo di muro in pietra da taglio coi materiali già portati a piè d'opera e da porsi a sito mediante opportune macchine.*

Metri cubi 1,000 di pietra da taglio	F. .....
Metri cubi 0,070 di malta a F. .... l'uno	» .....
Da riportare	F. .....

Riporto F. .....

Giornate 0,085 di muratore per imbracare e sbracare i massi.

» 0,050 » per la tiratura dei conci ad altezza non maggiore di 3 metri.

» 0,225 » per far venire i conci al sito in cui devono essere elevati e per portarli al sito in cui devono essere posti in opera percorrendo un cammino orizzontale non maggiore di 5 metri.

» 0,400 » per la posatura in opera.

» 0,400 » per la rinzeppatura delle commessure.

Giornate 1,160 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate 0,95 di manovale a F. .... l'una » .....

Giornate 0,06 di bardotto a F. .... l'una » .....

Giornate 0,95 di macchina per elevare pesi a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Qualora i conci, per passare dal sito in cui devono essere elevati al luogo in cui devono essere posti in opera, debbano percorrere un cammino orizzontale maggiore di 5 metri, si valuterà separatamente il prezzo del trasporto da farsi onde portarli alle condizioni supposte nell'istituire la precedente analisi.

VI. *Prezzo di 1 metro cubo di muro in pietra da taglio, dovendosi trasportare i conci ad un numero qualunque di ricambi verticali oltre i primi 3 metri d'altezza, coll'uso di opportune macchine che servono ad innalzare ed abbassare pesi.*

Si ritiene il processo d'analisi dato al numero V, e solamente si cangiano in esso le giornate di muratore per la tiratura, quelle di manovale, quelle di bardotto e quelle di macchina per elevare pesi. Chiamando n il numero dei ricambi verticali oltre i primi 3 metri d'altezza, si può ritenere che siano date:

Le giornate di muratore per la tiratura da $0,050+0,025\,n$
Le giornate di manovale da . . . . . $0,950+0,025\,n$
Le giornate di bardotto da . . . . . $0,060+0,013\,n$
Le giornate di macchine per elevare pesi $0,950+0,025\,n$

Mediamente si può ritenere che il costo giornaliero di una macchina per elevare pesi possa ascendere da franchi 1,20 a 4.

In Torino i prezzi medii di 1 metro cubo delle principali murature in pietra si possono ritenere quali risultano dalla seguente tavola:

Muro di pietre ordinarie scheggiate, con malta ordinaria per massicci, speroni e rinfianchi di vôlte ed archi e simili . . . . F. 11

Muro di pietre spaccate ben nettate e scheggiate, con malta ordinaria o con malta idraulica, ed a pietra rasa sulle fronti . . . . » 13

Muro di scapoli di carriera con calcina idraulica, e lavorato a paramento . . . . » 17

443. Analisi del prezzo dei muri laterizi. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di muro di mattoni coi materiali già portati a piè d'opera ossia a distanza orizzontale non maggiore di 60 metri ed a distanza verticale non maggiore di 3 metri dal luogo dell'effettivo impiego.*

Numero 335 mattoni comuni a F. .... il migliaio	F. .....
Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,25 di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,28 di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Ecco i metri cubi di malta e le giornate di muratore da porsi in quest'analisi:

Indicazione della muratura	Metri cubi di malta	Giornate di muratore
Muro senza paramento	0,28	0,55
Muro con paramento comune	0,30	0,65

II. *Prezzo di 1 metro cubo di muro di mattoni, dovendosi trasportare i materiali ad un numero qualunque di ricambi verticali oltre i primi 3 metri d'altezza.*

Il processo d'analisi è identico al precedente, e soltanto variano i dati relativi alle giornate di manovale e di bardotto, le quali, essendo n il numero dei ricambi verticali al di là dei primi 3 metri d'altezza, sono espresse:

Le giornate di manovale da . . . . . . $0,25+0,052n$

Le giornate di bardotto da . . . . . . $0,28+0,057n$

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di muro laterizio sottile.*

Numero .... mattoni a F. .... il migliaio	F. .....
Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Supponendo che mediamente i materiali da impiegarsi nella formazione di questi muri sottili debbano percorrere un cammino orizzontale di 60 metri ed un cammino verticale di 10 metri, si possono ritenere come dati numerici da porsi nell'analisi or ora riferita quelli che immediatamente derivano dalla seguente tavola:

Spessore del muro	Numero dei mattoni	Metri cubi di malta	Giornate di muratore	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
Di due teste	88	0,060	0,15	0,15	0,15
Di una testa	44	0,030	0,10	0,07	0,07
Di quarto	24	0,017	0,08	0,04	0,04

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di muriccio di tavelle.*

Numero 17 tavelle a F. .... il migliaio	F. .....
Metri cubi 0,015 di malta a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,362 di filo di ferro N° 14 a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,032 di chiodi a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,06 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,03 di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,03 di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

I prezzi di 1 metro cubo delle diverse murature di soli mattoni sono in Torino conformemente all'elenco dei prezzi stabiliti per le opere municipali:

Pei muri comuni di fabbriche da farsi con malta passata allo staccio, compreso anche l'intaglio di bugne ed altri analoghi lavori	F. 21,00
Pei muri in cui i mattoni vengono posati con malta idraulica	» 23,00
Pei muri a paramento con mattoni a due sabbie .	» 26,00

Per muri da costruirsi come i precedenti ma in breccia ed in sotto-murazione, compreso lo scalpellamento e lo scavo occorrente, i puntellamenti, gli sbadacchi ed altre armature, il trasporto dei materiali di demolizione, suolsi aumentare di 1/5 il prezzo delle murature eseguite.

Pei muri in breccia ed in sotto-murazione per ristauri di acquedotti o chiaviche sotterranee, compreso quanto è necessario alla completa esecuzione delle murature . . . . F.	31,50
Pei muri per canne da pozzo colla profilatura nelle connessure . . . . »	26,00
Pei muri in mattoni usati, previo scalcinamento dei medesimi . . . . »	15,00

Per quanto concerne al costo di 1 metro quadrato di muri sottili, ecco quali sono i prezzi registrati nell'indicato elenco:

Pei muri di una testa, coi mattoni di metri 0,15 di grossezza, compresi i vôlti ed i sordini. . . . F.	3,00
Pei muri di mattonetti di metri 0,08 a 0,10 di grossezza, anche compresi i vôlti ed i sordini . . »	2,30
Pei muri di quarto, sempre compresi i vôlti ed i sordini »	1,70
Pei muricci di tavelle, compreso l'intonaco da ambe le parti e gli opportuni listelli di scarico nelle aperture »	3,00
Pei muricci di tavelle con intelaiatura di legno larice »	2,20
Pei muricci di tavelle con intelaiatura di legno larice, arricciati da ambe le parti . . . . »	3,20
Pei muricci di una testa dello spessore di metri 0,15 con mattoni vecchi, previo scalcinamento dei medesimi . . . . »	2.20

444. **Analisi del prezzo dei muri alla rinfusa**. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di muro in calcetruzzo trovandosi il materiale a piè d'opera ossia a distanza orizzontale non maggiore di 60 metri ed a distanza verticale non maggiore di 3 metri dal luogo dell'effettivo impiego.*

Metri cubi 1,100 di calcestruzzo a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,60 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Le giornate di muratore si possono fissare di 0,45 negli ordinarii muri di calcestruzzo e di 0,60 in quelli con paramento.

II. *Prezzo di 1 metro cubo di muro in calcestruzzo dovendosi trasportare i materiali ad un numero qualunque di ricambi verticali oltre i primi 3 metri d'altezza.*

Il processo d'analisi è identico al precedente, salvo che, indicando con n il numero dei ricambi verticali per cui il trasporto deve essere eseguito, convien ritenere che le giornate di manovale siano espresse da $0{,}60+0{,}20n$.

445. **Prezzo dei muri di struttura mista.** — Si trovano questi prezzi cercando i quantitativi delle diverse murature semplici che devono entrare nella struttura mista, deducendo i loro costi parziali e poi sommandoli. Come esempio si proporrà di trovare il *prezzo di 1 metro cubo di muro listato coi materiali già portati a piè d'opera ossia a distanza orizzontale non maggiore di 60 metri ed a distanza verticale non maggiore di 3 metri dal luogo dell'effettivo impiego.*

Metri cubi .... di muro di pietrame a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi .... di muro di mattoni a F. .... l'uno » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

I metri cubi di muro di pietrame e di muro di mattoni variano evidentemente colla qualità delle cinture e mediamente si possono ritenere i seguenti dati pratici:

Qualità delle cinture	Metri cubi di muro di pietrame	Metri cubi di muro di mattoni
Cintura semplice	0,870	0,130
Cintura doppia	0,740	0,260
Cintura tripla	0,810	0,190

Nell'elenco dei prezzi di recente pubblicato dall'ufficio d'arte della Città di Torino si trovano marcati i seguenti prezzi per 1 metro cubo delle murature di struttura mista che sono di uso più frequente:

Muro di pietre spaccate con cinture doppie di mattoni per tutta la grossezza del muro ad ogni metri 0,60 d'altezza e con gli spigoli pure di mattoni per una rientranza media di metri 0,32 . . . . F. 14

Muro ordinario di fabbrica in pietre spaccate, con doppia cintura di mattoni, essendo pure in mattoni le mazzette, i fianchi di aperture e di sfondati, i mezzi pilastri, le paraste, gli spigoli per una rientranza

media di metri 0,32, i vôltini di tutti i vani con una grossezza di metri 0,50 nei sotterranei e di metri 0,40 fuori terra, i sordini sopra gli stessi di metri 0,26 sotterra e di metri 0,13 fuori terra, gli spigoli delle facce e zoccoli, le imposte di ogni arco o vôlta, le pareti di qualsivoglia canna o vano, gli scaricatori e gli archi rovesci . . . . F. 15

CAPITOLO V.

Analisi dei prezzi delle opere per fondazioni.

446. Le fondazioni sono lavori i quali risultano dall'assieme di più opere elementari, per cui in generale si deducono i loro prezzi trovando quelli di queste opere elementari e prendendone quindi la somma. Quanto si è detto sui prezzi dei lavori di sterro e sui prezzi delle opere murali è già sufficiente per trovare i costi delle più semplici fondazioni; e per trovare i prezzi approssimati delle fondazioni più complesse bastano le analisi ed i dati pratici che vengono registrati nei numeri che immediatamente seguono.

447. **Analisi del prezzo di un palo posto in opera per fondazioni.** — Considerando un palo già piantato in un' opera di fondazione e già tagliato al voluto livello si deduce il suo prezzo tenendo conto: della provvista del palo, della puntazza, della viera e del trasporto presso il luogo dell'impiego; della mano d'opera per armarlo di puntazza e cingerlo di viera; della mano d'opera pel piantamento, e della mano d'opera per la recisione al livello voluto. Trascurando l'ultima operazione, della quale si terrà poi conto nel modo indicato alla fine del presente numero, ecco il processo d'analisi per trovare il *prezzo di 1 palo del diametro di metri* 0,22 *a* 0,35 *piantato ad una profondità qualunque ed in un terreno di media consistenza mediante un battipalo a tiranti.*

Metri cubi .... di legname già portato presso il luogo dell'impiego.
» .... » pel consumo nel regolarizzarlo.
Metri cubi .... di legname a F. .... l'uno F. .....

Da riportare F. .....

Riporto F. ....

Chilogrammi .... di ferro per puntazza.
» .... » per viera.

Chilogrammi .... di ferro a F. .... l'uno » .....

Giornate .... di falegname per preparare il palo.
» .... » per assistere alla manovra del battipalo.

Giornate .... di falegname a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale per la manovra del battipalo a F. .... l'una » .....

Giornate .... di battipali a tiranti compreso il collocamento in opera coi ponti di servizio a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 palo F. .....

Il numero esprimente i metri cubi di legname grosso che entrano in un palo si deduce facilmente allorquando sappiasi a quale profondità sotto la superficie del terreno il palo deve essere piantato, ed allorquando conoscasi il suo diametro nonchè il livello a cui deve trovarsi la sua testa. In quanto al legname pel consumo suolsi fissare dai pratici fra 1/20 ed 1/10 del legname grezzo. Il prezzo poi per la provvista e trasporto dei pali a piè d'opera varia colla qualità del legname da cui sono essi costituiti, colle loro dimensioni, col tempo e colle località, per cui, senza nulla precisare di assoluto, si riferiscono solamente i costi che approssimativamente si verificavano in Torino e suoi dintorni nel principio dell'anno 1866 per ogni metro cubo di pali di quercia e di larice rosso di Susa:

Pali di quercia del diametro di metri 0,22 a 0,35 in testa, scortecciati, della lunghezza di metri 2,50 a 8,00 e ben diritti, da . . . . . F. 90 a 100
Pali di larice rosso di Susa, come i precedenti, da » 80 a 95

I chilogrammi di ferro per la puntazza sono facili a trovarsi quando si conoscano forma e dimensioni di questa, e lo stesso si dica per la viera. Si osservi però che una stessa viera può servire per diversi pali cosicchè, fissato in modo presuntivo per quanti pali può essa servire, si avrà il peso di viera corrispondente ad un palo dividendo il suo peso totale per il detto numero dei pali. Il prezzo del ferro per puntazze e viere si può ritenere in Torino siccome variabile da franchi 0,70 a 0,75 per ogni chilogramma,

Indicando con l la totale lunghezza in metri che deve avere il palo posto in opera, si possono esprimere con

$$0{,}10 + 0{,}01\, l$$

le giornate di falegname per prepararlo.

Chiamando poi m la lunghezza in metri della parte di palo che deve essere affondata nel terreno, si può ritenere che le giornate di falegname o capo-squadra per assistere alla manovra del battipalo siano espresse da

$$0{,}03 + 0{,}05\, m.$$

Le giornate di manovale per la manovra del battipalo mediamente si possono esprimere con

$$0{,}60 + m$$

dove m indica sempre la lunghezza in metri della parte di palo che deve essere affondata nel terreno.

Come numero esprimente le giornate di battipalo si può ritenere quello dato dall'espressione

$$0{,}03 + 0{,}05 m\ ;$$

e si può fissare da franchi 12 a 15 il costo giornaliero del battipalo, compreso il suo collocamento in opera, i ponti di servizio occorrenti, i guasti, deterioramenti e consumo che in esso avvengono e quanto occorre per mantenerlo in istato da poter funzionare.

Quando invece di battipali a tiranti si adoperano dei battipali a scatto, da osservazioni fatte risultò che, a parità di circostanze usando magli del peso di 500 a 600 chilogrammi, il costo del piantamento di pali del diametro di metri 0,22 a 0,35, indicando con A quello in cui il piantamento si eseguisce con un battipalo a tiranti, è espresso :

Da 0,75 A quando il piantamento viene eseguito col battipalo a scatto mosso da uomini ;

Da 0,50 A quando il piantamento si fa con un battipalo a scatto mosso da una locomobile, e quando il numero dei pali da piantarsi è maggiore di 150.

Qualora un palo debba essere tagliato ad un determinato livello posto di metri 0,30 a 5 sotto il pelo dell'acqua, si aggiungeranno al suo costo trovato coll'analisi e dietro le considerazioni precedenti da 1,50 a 4 franchi onde tener conto del suo scapezzamento,

dei meccanismi per eseguirlo e del completo collocamento in opera di questi ultimi.

In quanto al costo dell'operazione di strappare un palo del diametro di metri 0,22 a 0,35, che già abbia servito per un opera provvisoria, o che siasi scheggiato all'istante del piantamento e già piantato a profondità di 2 a 5 metri, si ritiene da molti pratici siccome variabile fra 8 e 20 franchi compresa la mercede per la macchina per lo strappamento, il completo collocamento a posto di quest'ultima e l'eseguimento dell'intiera operazione.

448. **Prezzo delle paratie.** — Il prezzo di una paratia formata di pali piantati di distanza in distanza e collegati fra loro da filagne e controfilagne, e di assi-pali o tavoloni verticalmente piantati nel terreno risulta tenendo conto: della somma occorrente alla provvista e piantamento di tutti i pali; della somma necessaria alla provvista delle filagne e controfilagne e del loro collocamento in opera; e della spesa per l'acquisto di tutti gli assi-pali e pel loro piantamento.

Quanto si è detto nel numero precedente insegna a trovare la somma occorrente alla provvista e piantamento di tutti i pali.

La somma necessaria alla provvista delle filagne e controfilagne e loro collocamento in opera si ottiene cercando il volume di legname in esse impiegato ed il peso di ferro per chiavarde, e osservando che mediamente il *prezzo di 1 metro cubo di filagne e controfilagne* è dato dalla seguente analisi:

Metri cubi 1,000 di legname per filagne e controfilagne.
» 0,050 » pel consumo.

Metri cubi 1,050 di legname a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi 15,50 di ferro per chiavarde a F.	» .....
Giornate 2,00 di falegname a F. .... l'una	» .....
Giornate 1,00 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Il prezzo delle chiavarde varia da Torino e suoi dintorni da franchi 0,70 a 0,85 per ogni chilogramma.

La spesa occorrente per l'acquisto di assi-pali si deduce cercando il loro quantitativo in metri cubi, il loro costo unitario per averli presso il luogo dell'impiego e moltiplicando questo per quello. In quanto poi al collocamento in opera di assi-pali l'esperienza ha dimostrato potersi ritenere nel maggior numero dei casi che il costo di piantamento e scapezzamento di 1 metro corrente di pa-

ratia in soli assi-pali sia eguale a quello del piantamento e scapezzamento di un palo avente diametro di metri 0,25 a 0,35, affondato alla stessa profondità a cui devono essere affondati gli assi-pali ed in identiche condizioni di terreno.

Il prezzo di 1 metro cubo di assi-pali in Torino e suoi dintorni si può mediamente ritenere:

Per gli assi-pali di quercia della grossezza media di metri 0,10 da . . . . F. 95 a 110

Per gli assi-pali di larice rosso della stessa grossezza da . . . . » 85 a 105

449. Analisi del prezzo dei zatteroni e delle piattaforme. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di legname posto in opera sopra una palificata o per la formazione di un zatterone.*

Metri cubi 1,000 di legname in opera.
» 0,050 » pel consumo.

Metri cubi 1,050 di legname a F. .... l'uno F. .....

Chilogrammi .... di ferro per chiodi e caviglie » .....

Giornate .... di falegname per l'eseguimento delle connessioni e pel posamento in opera dei diversi pezzi a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale in aiuto al falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Il peso del ferro per chiodi e per caviglie si deduce in ogni caso particolare cercando qual estensione superficiale di zatterone si può coprire con 1 metro cubo di legname, e quanti chiodi e caviglie bisogna impiegare in quest'estensione; e finalmente quali dimensioni, qual forma e quindi qual peso devono esse avere, d'onde sarà facile il dedurre il voluto numero di chilogrammi da porsi nell'analisi. Il costo dei chiodi e delle caviglie varia in Torino da franchi 0,70 a 0,80 il chilogramma.

Nelle ordinarie circostanze, in cui il cantiere nel quale si preparano i diversi pezzi di legname trovasi a piccola distanza dal sito dell'effettivo impiego, si può mediamente ritenere che siano 3 le giornate di falegname e 2 le giornate di manovale da porsi nell'analisi or ora stabilita.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di piattaforma di tavoloni dello spessore di metri* 0,10 *uniti a filo piano.*

Metri cubi 0,100 di tavoloni in opera.
» 0,005 » pel consumo.

Metri cubi 0,105 di tavoloni a F. .... l'uno F. .....

Chilogrammi 0,40 di chiodi a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,18 di falegname per la mano d'opera.
» .... » per la posatura.

Giornate .... di falegname a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale in aiuto al falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Le giornate di falegname per la posatura in opera di 1 metro quadrato di piattaforma e quelle di manovale in aiuto al falegname si possono fissare col numero 0,09 nelle ordinarie circostanze della pratica per fondazioni all'asciutto e anche per fondazioni idrauliche in cui la piattaforma deve trovarsi a profondità non maggiore di metri 0,30 sotto la superficie dell'acqua.

450. **Prezzi degli aggottamenti.** — Gli aggottamenti si valutano a metri cubi d'acqua espulsa moltiplicati per l'altezza a cui l'acqua viene elevata. Si cercherà il costo per elevare 1 metro cubo d'acqua all'altezza di 1 metro e, chiamando c questo costo, sarà acv quello per elevare v metri d'acqua all'altezza di a metri.

Considerando gli aggottamenti fatti con apparecchi idrovori mossi a braccia d'uomini e chiamando

m la mercede giornaliera in franchi da corrispondersi ad ogni manovale applicato ad un apparecchio idrovoro,

X il prezzo in franchi per elevare 1 metro cubo d'acqua all'altezza di 1 metro,

si ha:

Per secchie, bigonce e simili . .	$X = 0{,}0246\,m + 0{,}0011$;
Per gotazze a castello	$X = 0{,}0100\,m + 0{,}0011$;
Per norie	$X = 0{,}0087\,m + 0{,}0032$;
Per bindoli verticali	$X = 0{,}0102\,m + 0{,}0064$;
Per bindoli inclinati	$X = 0{,}0169\,m + 0{,}0075$;
Per timpani idrovori	$X = 0{,}0080\,m + 0{,}0020$;
Per coclee	$X = 0{,}0135\,m + 0{,}0021$;
Per pompe	$X = 0{,}0143\,m + 0{,}0037$;

Il secondo termine del secondo membro di tutte le equazioni or ora stabilite rappresenta ogni spesa, riferita ad 1 metro cubo d'acqua elevata all'altezza di 1 metro, per mantenere in esercizio gli apparecchi idrovori, per ripararli e per rinnovarli.

Impiegando cavalli, servendosi della forza motrice del vapore, e molto più mettendo a profitto la forza di una corrente per tenere in azione le macchine idrovore, si fanno generalmente gli aggottamenti con spesa notabilmente minore di quella che deriva dall'impiego della forza umana. In alcune circostanze si trovò che la spesa degli aggottamenti con macchine mosse da cavalli può persino discendere ad 1/3 di quella che corrisponde all'uso della forza umana e che può anche discendere solamente ad 1/5 allorquando si trae partito della forza motrice di una corrente. Non bisogna però credere in seguito alla citazione di questi risultati, che siano sempre svantaggiosi gli aggottamenti a braccia d'uomini: le circostanze del sito determinano sovente qual è il motore che devesi impiegare; ed è da osservarsi che negli aggottamenti di breve durata le citate economie potrebbero svanire, se la spesa che deve farsi per apparecchiare e sistemare una gran macchina dovesse ripartirsi in un numero di giorni assai minore di quello che esprime la durata verisimile della macchina medesima.

451. **Brevi cenni sui costi di alcuni importanti lavori per fondazioni.** — Al ponte di Saint-Michel, le cui pile vennero fondate con cassoni in legno senza fondo, formati come si è detto al numero 187, il costo di un cassone posto completamente in opera salì a circa 14000 franchi, valutando il legno di quercia in ragione di franchi 260 per ogni metro cubo, ed il legno di larice in ragione di franchi 140. Il prezzo di 1 metro quadrato di rivestimento impermeabile fatto internamente alla parte superiore fu di franchi 7 per ogni metro quadrato.

Il cassone senza fondo in lamiera di ferro stato impiegato dall'ingegnere Pluyette al viadotto di Nogent-sur-Marne presentava per proiezione orizzontale della sua base superiore un rettangolo terminato alle estremità da due semi-circoli. La larghezza di detta base era di 10 metri, la lunghezza della parte rettangolare di metri 11,75 e di 5 metri il raggio delle due parti semi-circolari. La base inferiore poi, di dimensioni maggiori di quelle della base superiore, risultava dando alle pareti del cassone la scarpa di 1/15 sulla totale sua altezza di metri 9. Questo cassone venne costrutto con anelli sovrapposti, formati da lamiere unite con chiodi ribaditi e mantenuti l'uno sopra l'altro mediante ferri d'angolo collocati ester-

namente. Nell'interno del cassone si applicarono contro le pareti dei ferri a T destinati a rilegare fra loro dei tiranti orizzontali. Il prezzo di questo cassone completamente posto in opera, valutando il ferro al prezzo d'acquisto molto elevato di 1 franco per ogni chilogramma, venne stabilito dall'ingegnere Pluyette di circa 90000 franchi.

Per dare un' idea del costo dei cassoni impermeabili dei quali si lascia in fondazione il solo fondo (num. 190) si prende ad esempio uno di quelli stati posti in opera sopra una palificata al ponte d'Ivry avente l'altezza di metri 1,825. L'intelaiatura perimetrale del fondo si componeva di travi aventi metri 0,35 per 0,40 di sezione, e le travi trasversali avevano sezioni differenti: metri 0,35 per 0,40 quelle maestre, ossia quelle poste sulle file trasversali di pali; e solo metri 0,225 quelle situate fra le file trasversali di pali, le quali erano coperte da un tavolato costituito da tavoloni ben connessi dello spessore di metri 0,125. Il fondo del cassone, avente così uno spessore uniforme di metri 0,35 e perfettamente unito sulle due facce, presentava complessivamente la superficie di 66 metri quadrati e costò:

Per metri cubi 12,411 di intelaiatura perimetrale e di travi trasversali maestre, a franchi 208,15 caduno metro cubo . . . . F.	2583,35
Per metri cubi 8,354 di travi trasversali intermedie, a franchi 158,68 caduno metro cubo . . . »	1325,61
Per metri quadrati 31,41 di tavoloni, a franchi 18,88 cadun metro quadrato . . . . »	693,02
Per 117 chilogrammi di piastre in ferro battuto, a franchi 1,05 cadun chilogramma . . . »	122,85
Per 270 chilogrammi di chiavarde, a franchi 1,30 cadun chilogramma . . . . »	351,00
Totale F.	5075,83

Su questa somma venne fatto il ribasso del 10,50 per 100, per modo che il definitivo costo del fondo di un cassone salì a franchi 4542,86.

La fondazione su platea generale del ponte d'Ain per la quale si sono registrate le principali dimensioni al numero 193, essendo il ponte per strada ferrata a due binarii con sei arcate aventi ciascuna l'apertura di 22 metri, costò complessivamente franchi 335569 circa i 42/100 della somma spesa per l'opera totale, e ancora circa 233 franchi per ogni metro quadrato di proiezione orizzontale di strada portata dal ponte.

Esaminando il caso di una fondazione tubulare ad aria compressa e prendendo il ponte sull'Allier a Moulins, del quale già si è dato qualche cenno al numero 199, ed in cui si impiegarono tubi in ghisa del peso medio di 1946 chilogrammi per ogni metro corrente, la spesa media della fondazione di 1 metro corrente di tubo risultò:

Per consumo di ghisa	F.	500,00
Per affondamento e per calcestruzzo	»	559,80
Totale	F.	1059,80

Al ponte di Kehl, nel quale si fondarono ad aria compressa con cassoni due pile-spalle impiegando per ciascuna quattro cassoni costituenti nel loro assieme un cassone unico lungo metri 23,26 e largo 7,00 e due pile adoperando per ciascuna tre cassoni formanti un cassone unico lungo metri 17,50 e largo 5,50, il costo complessivo dei lavori di fondazione delle due pile-spalle e delle due pile risultò di franchi 5350000, compresi gli sterri ed i prosciugamenti per stabilire il cantiere, i cassoni, le macchine per avere l'aria compressa, ogni opera di muratura, le scogliere attorno le pile ed in generale tutti i lavori e tutti i mezzi necessarii ad elevare ciascuna pila per un'altezza totale di circa metri 28,65, di cui circa 22 sotto il pelo delle acque magre.

In grazia dei perfezionamenti che in questi ultimi tempi ha subìto il sistema delle fondazioni ad aria compressa con cassoni, le spese che esse apportano sono di molto inferiori a quelle a cui si andò incontro al ponte di Kehl, che fu il primo lavoro di tal genere, e pel quale non si potevano conoscere molti di quei mezzi spediti ed economici che al giorno d'oggi rendono tanto vantaggiosa l'applicazione dell'indicato sistema nei terreni mobili, facili ad essere esportati sotto l'azione di forti correnti e soggetti ad avvallamenti nell'essere scavati. Nel ponte sul Po presso Piacenza in cui si fondarono le due spalle e le sette pile intermedie ad aria compressa con cassoni, dei quali vennero riferite le principali dimensioni al numero 200, fu convenuto fra la Società delle ferrovie lombarde e l'impresa costruttrice: il prezzo complessivo di 1280000 franchi per l'intiera fondazione a 18 metri di profondità sotto le massime magre; l'aumento di franchi 1800 per ogni mezzo metro d'affondamento di cassone oltre i 18 metri, finchè però l'affondamento totale sotto il livello delle acque magre non eccedeva metri 20,50; la diminuzione di franchi 1100 per ogni mezzo metro di affondamento di cassone in meno del prestabilito affondamento di 18 metri.

Al viadotto d'Argenteuil, stato costrutto negli anni 1861 e 1862 sotto la direzione degli ingegneri Martin c. Léonard, il primo ingegnere in capo ed il secondo ingegnere ordinario di ponti e strade, il signor Castor che aveva fondato il ponte di Kehl col mezzo dell'aria compressa, intraprese ed esegui le fondazioni del detto viadotto apportando al metodo tenuto a Kehl alcune modificazioni indicate dall'esperienza e dalle differenze di luoghi e di terreno, e l'essenziale di queste modificazioni sta in ciò che si applicò alla fondazione di tubi il metodo per fondare con cassoni. Ciascuna pila venne fondata con due tubi del diametro di metri 3,60, e sopra la nervatura superiore dell'anello inferiore si stabilì un coperchio foggiato a tronco di cono destinato a somministrare la camera di lavoro per l'estrazione delle materie. Contro questo coperchio si stabilì una muratura di pietrame, e fra questa muratura ed il tubo si fece un riempimento di calcestruzzo. Dalla base superiore del detto coperchio si staccava il camino centrale avente il diametro di metri 1,10 riservato alla discesa degli operai ed alla manovra delle secchie destinate all'estrazione degli sterri. A misura che il tubo discendeva si collocava del calcestruzzo nello spazio anulare esistente fra esso ed il camino centrale.

Per l'esecuzione di queste fondazioni si adottarono i seguenti prezzi generali:

Per l'affondamento di 1 metro corrente di tubo, comprendendo i ponti di servizio, la manutenzione e l'uso delle macchine non che di tutti i mezzi indispensabili per fondare, la mano d'opera per lo sterro, le spese generali per illuminazione, per sorveglianza e per opere secondarie	F.	700,00
Per 1 metro cubo di calcestruzzo con cemento di Portland da porsi in opera nella camera di lavoro	»	33,10
Per 1 metro cubo di calcestruzzo con cemento di Portland da porsi in opera nel resto del tubo	»	30,15
Per collocare in opera 1 metro cubo di calcestruzzo nell'aria compressa	»	15,00
Per collocare in opera 1 metro cubo di calcestruzzo fuori dell'aria compressa	»	3,50
Per ogni chilogramma di ghisa per anelli . .	»	0,31
Per ogni chilogramma di ferro in chiavarde .	»	0,90

CAPITOLO VI.

Analisi dei prezzi dei lavori per la conservazione del letto e delle sponde dei corsi d'acqua.

452. Le opere per la conservazione del letto e delle sponde dei corsi d'acqua sono generalmente di tal natura da richiedere che si regolarizzi, mediante scavi o mediante riporti di terra, la superficie sulla quale i lavori devono essere eseguiti, prima dell'applicazione di quei mezzi che sono valevoli a difendere il letto e le sponde contro i danni che vi possono apportare le acque, e quindi il costo di queste opere risulta generalmente dai costi di due opere diverse: una di sterro o d'interro, il cui prezzo si può trovare in seguito a quanto si è detto al Capitolo I della seconda parte di questo volume, dove si è parlato delle analisi dei prezzi delle opere di sterro; l'altra di conservazione e di difesa, il cui prezzo si deve dedurre in seguito alla forma ed alle dimensioni che essa deve avere, nonchè in correlazione colla località e circostanze in cui deve essere eseguita.

Per quanto concerne al prezzo unitario di queste opere, suolsi esso stabilire: per ogni metro quadrato quando trattasi di incamiciate di stuoie, di cannucce, di paglia, di gabbioni, di huzzoni, ecc.; per ogni metro quadrato e talvolta anche per ogni metro cubo di opera terminata se questa è un'incamiciata di pietre a secco o di pietre posate con malta, ma di spessore uniforme; per ogni metro cubo quando l'opera è un'incamiciata di spessore non uniforme di pietre a secco, di pietre posate con malta od anche di calcestruzzo; per ogni metro cubo e talvolta anche per ogni centinaio di prismi di calcestruzzo posti in opera per le prismate; per ogni metro cubo ed anche per ogni centinaio di fascine poste in opera se è quistione di fascinati; per ogni metro cubo e talora anche per ogni tonnellata di pietre poste a sito se trattasi di una gettata. — Nei numeri che immediatamente seguono vi sono le analisi dei prezzi di quei lavori che sono di uso più frequente nelle ordinarie circostanze della pratica, e si trascurano tutte quelle che si riferiscono a lavori complessi i cui costi si possono risguardare siccome le somme dei costi di lavori elementari che già si sanno valutare.

453. Analisi del prezzo delle incamiciate di pietre a secco e di pietre posate con malta. — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di incamiciata di spessore uniforme formata con pietrame posato a secco* (num. 205).

Regolarizzazione di 1 metro quadrato di sponda	F. .....
Metri cubi .... di pietrame a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,18 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,24 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Il costo per la regolarizzazione della sponda è un elemento variabilissimo, che in ogni caso il costruttore deve sapersi valutare in seguito ad accurato esame di quanto devesi fare per renderla atta a ricevere l'incamiciata; in quanto poi agli altri dati da porsi nella stabilita analisi, per spessori d'incamiciata fra metri 0,25 e 0,50, risultano essi dalla seguente tavola:

Spessore dell'incamiciata in metri	Metri cubi di pietrame	Giornate di muratore	Giornate di manovale
0,25	0,265	0,10	0,14
0,50	0,530	0,18	0,24

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di incamiciata di spessore uniforme formata con pietrame posto in opera con malta* (num. 206).

Regolarizzazione di 1 metro quadrato di sponda	F. .....
Metri cubi .... di pietrame a F. .... l'uno	» .....
Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Vale quanto si è detto per l'analisi I relativamente alla regolarizzazione della sponda; per gli altri dati poi da porsi in quest'analisi, si possono ritenere quelli che risultano dalla seguente tavola:

Spessore dell'incamiciata in metri	Metri cubi di pietrame	Metri cubi di malta	Giornate di muratore	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
0,25	0,265	0,08	0,12	0,17	0,07
0,50	0,530	0,16	0,20	0,30	0,13

Il già citato elenco dei prezzi per le opere ordinarie da farsi eseguire dal Municipio di Torino stabilisce quanto segue relativamente al costo di 1 metro cubo d'incamiciata di pietre a secco:

Incamiciata di grossi scapoli di metri 0,50 di coda per argini, chiuse e simili, con ischeggiamento di pietre spaccate	F.	12,00
Incamiciata come la precedente, ma con ciottoli aventi da metri 0,25 a 0,35 di coda	»	6,50
Incamiciata con pietre a secco metà spaccate, scheggiata a dovere	»	8,00
Incamiciata come la precedente, con pietre tutte spaccate	»	9,00

Il costo di 1 metro cubo di incamiciate di spessore non uniforme, siano esse di pietre a secco, siano di pietre poste in opera con malta, siano di calcestruzzo (num. 206), si possono valutare come si è indicato ai Capitoli II e IV parlando delle analisi dei prezzi dei muri a secco, dei muri con malta e dei muri alla rinfusa.

454. **Analisi del prezzo delle gabbionate e delle fascinate.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di gabbionata costituita da gabbioni lunghi 3 metri e del diametro di 1 metro* (num. 209), *dedotto dall'analisi del prezzo di 48 metri quadrati.*

Regolarizzazione di 48 metri quadrati di sponda a F. .... l'uno	F.	.....
Numero 16 gabbioni a F. .... l'uno	»	.....
Numero 48 palotti a F. .... il centinaio	»	.....
Fasci 1 di ritorte grosse	»	.....
Giornate 8 di lavorante capace a F. .... l'una	»	.....
Giornate 8 di manovale a F. .... l'una	»	.....
Prezzo di 48 metri quadrati	F.	.....
Prezzo di 1 metro quadrato	»	.....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di incamiciata costituita da due strati di fascine tenute assieme con palotti, con gorre e con ritorte* (num. 210), *dedotto dall'analisi del prezzo di 50 metri quadrati.*

Regolarizzazione di 50 metri quadrati di sponda a F. .... l'uno	F.	.....
Numero 160 fascine mezzane a F. .... il centinaio	»	.....
Da riportare	F.	.....

	Riporto F. .....
Numero 82 palotti a F. .... il centinaio	» .....
Fasci 4 di gorre mezzane a F. .... l'uno	» .....
Fasci 4 di ritorte mezzane a F. .... l'uno	» .....
Giornate 6 di lavorante capace a F. .... l'una	» .....
Giornate 6 di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 50 metri quadrati	F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato	» .....

Per instituire l'analisi del prezzo di 1 metro cubo di fascinata (num. 211) si cercherà quante fascine di assegnate dimensioni occorrono per fare un determinato numero di metri cubi di quest'opera; quante pertiche sono necessarie per mantenere assieme queste fascine; quanti fasci di gorre occorrono per cordonate; quanti metri cubi di ghiaia o di buona terra si devono complessivamente impiegare nei diversi piani di rosta; quante giornate di manovale occorrono per preparare la cassa del lavoro, e trasportare le materie sterrate; quante giornate di lavorante capace sono necessarie per disporre le fascine, eseguire le cordonate ed ultimare con ghiaia o con terra sminuzzata e battuta ciascun piano di rosta; e finalmente quante giornate di manovale sono necessarie in aiuto del lavorante capace. Moltiplicando i diversi quantitativi pei rispettivi prezzi unitarii e sommando i prodotti si ottiene il costo totale che, diviso per il numero dei metri cubi della fascinata per la quale venne instituita l'analisi, dà nel quoziente il prezzo di 1 metro cubo.

455. **Prezzo delle gettate** — Il prezzo di una gettata qualunque (num. 212) si ottiene cercando il volume od il peso approssimato delle pietre da impiegarsi, studiando in ogni caso a qual distanza si potranno prendere queste pietre, quale sarà la spesa di 1 metro cubo o di una tonnellata di esse per averle al luogo dell'impiego, e finalmente qual sarà la spesa di mano d'opera, ponti di servizio e mezzi meccanici per collocarle a posto. Le accennate due spese sommate fra loro daranno il costo di 1 metro cubo o di una tonnellata di gettata, e moltiplicando il volume ed il peso delle pietre da impiegarsi nella gettata intiera, si avrà il suo costo totale.

Le gettate le quali si fanno nei corsi d'acqua che sono nei dintorni di Torino costano mediamente franchi 5,75 per ogni tonnellata di pietra messa in opera.

CAPITOLO VII.

Analisi dei prezzi delle vôlte.

456. I prezzi delle vôlte si ottengono tenendo conto: dell'uso, collocamento a sito e disfacimento delle armature occorrenti alla loro esecuzione; del valore dei materiali necessarii alla loro costruzione convenientemente preparati, portati sul luogo dell'impiego e collocati in opera, compreso il loro spreco inevitabile all'atto dell'eseguimento del lavoro.

Verrà valutato per ogni metro quadrato di superficie d'intrados il costo delle vôlte con spessore alla chiave non eccedente la dimensione massima del mattone ossia non maggiore di metri 0,26, sia che si costruiscano esse in mattoni, sia che si costruiscano con pietrame. Il costo poi delle vôlte con spessore maggiore di metri 0,26 verrà stabilito per ogni metro cubo del volume della massa murale compresa fra l'intrados e l'estrados.

Nei numeri che immediatamente segnono si parlerà prima dei costi delle armature con centine, valutandole per ogni metro quadrato di superficie d'estrados del loro manto, e supponendo che il legname in esse impiegato possa ancora servire per nuove opere e che subisca solo una diminuzione di valore; si passerà dopo a trovare i prezzi delle armature con cavalletti valutandole per ogni metro cubo di grossi legnami impiegati; si passerà quindi alla deduzione dei prezzi delle varie strutture di vôlte. Siccome bisognerà, nella valutazione dei prezzi delle centinature e delle armature, tener conto dell'interesse del capitale rappresentante il valore del legname in esse impiegato e del consumo che esso legname subisce, si supporrà che interesse e consumo siano annui, ossia che le centinature e le armature stiano in opera per un'annata intiera: stando esse in opera per più o meno di un'annata tornerà facile il modificare convenientemente le quote d'interesse e di consnmo.

457. **Analisi del prezzo delle armature con centine compreso il loro manto.** — I. *Prezzo annuale di 1 metro quadrato di armatura con centine, dedotto dall'analisi del prezzo di metri quadrati* **78,50.**

Metri lineari .... di tavole per centine a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi .... di chiodi per centine a F. .... l'uno » .....

F. .....

Interesse annuale .... della precedente somma F. .....
Consumo 1/4 della stessa somma » .....

Metri quadrati 78,50 di tavole di legname dolce
pel manto a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi .... di chiodi pel manto a F. .... l'uno » .....

F. .....

Interesse annuale .... della precedente somma » .....
Consumo delle tavole pel manto 1/10 della somma
corrispondente » .....
Consumo dei chiodi 1/3 della somma corrispondente » .....

Giornate .... di muratore per la costruzione delle centine.
» .... » per la posatura.
» .... » pel disfacimento.

Giornate .... di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale per la costruzione delle centine.
» .... » pel carico e per lo scarico sulla carretta.
» .... » per la posatura e disfacimento.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Giornate .... di carretta pel carico e per lo scarico.
» .... » pel trasporto sul lavoro.

Giornate .... di carretta a due cavalli a F. .... l'una » .....

Per controviaggio simile » .....

Prezzo di metri quadrati 78,50 F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

Le centinature si distinguono in tre diverse specie: in *centinature grosse* quelle che nel tempo stesso devono servire di sostegno e di forma alle vôlte di grossezza maggiore di metri 0,60; in *centinature mezzane* quelle altre destinate per vôlte di grossezza compresa fra metri 0,27 e 0,60; in *centinature leggiere* quelle per vôlte aventi grossezza non eccedente i metri 0,26. Premesso questo, ecco quali sono i dati numerici da porsi nell'analisi che venne stabilita:

	Per centinature		
	grosse	mezzane	leggiere
Metri lineari di tavole per la centinatura	145,20	130,40	125,00
Chilogrammi di chiodi per la centinatura	12,50	11,13	11,20
Chilogrammi di chiodi per il manto	8,00	6,73	7,00
Giornate di muratore per la costruzione delle centine	2,00	1,84	1,75
Giornate di muratore per la posatura	8,00	7,10	7,50
Giornate di muratore pel disfacimento	2,00	1,63	1,80
Giornate di manovale per la costruzione delle centine	2,00	1,84	1,75
Giornate di manovale pel carico sulla carretta e per lo scarico	1,60	1,45	1,40
Giornate di manovale per la posatura e disfacimento	6,40	5,65	4,22
Giornate di carretta pel carico e per lo scarico	0,24	0,22	0,20
Giornate di carretta pel trasporto a ogni 100 metri di distanza orizzontale	0,04	0,035	0,03

In quanto agli interessi annui si sogliono fissare fra 1/25 ed 1/15 delle somme capitali corrispondenti.

Dovendosi fare delle puntellature pel solido stabilimento delle centine, verranno queste valutate a parte per ogni metro cubo di legname posto in opera, tenendo conto: dell'interesse annuale del capitale corrispondente al valore del legname impiegato, del consumo, della mano d'opera per eseguire questi puntellamenti e per disfarli, e delle spese di trasporto.

458. **Analisi del prezzo delle armature con cavalletti.** — *Prezzo annuale di 1 metro cubo di legname posto in opera per armature con cavalletti.*

Metri cubi 1,000 di legname in opera.
» .... » pel consumo.

Metri cubi .... di legname greggio a F. .... l'uno F. .....

Interesse annuale .... della precedente somma F. .....
Consumo annuale .... della stessa somma » .....

Giornate .... di falegname per cappare il legname e segnarvi i tagli.
» .... » pel taglio e per l'unione dei membri in prova.
» .... » per dismettere i pezzi, numerarli ed ordinarli.
» .... » pel carico sulle carrette e per lo scarico.
» .... » per l'accatastamento sul lavoro.
» .... » per la posatura in opera.
» .... » pel disfacimento dell'armatura ed accatastamento del legname.

Giornate .... di falegname a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale pel carico sulla carretta e per lo scarico.
» .... » per l'accatastamento sul lavoro.
» .... » per la posatura in opera.
» .... » pel disfacimento dell'armatura ed accatastamento del legname.

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Giornate .... di carretta pel carico e per lo scarico.
» .... » pel trasporto sul lavoro.

Giornate .... di carretta a due cavalli a F. .... l'una » .....

Per controviaggio simile » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Per dati pratici da porsi in quest'analisi si possono ritenere quelli che risultano dalla tavola che segue, nella quale si fa distinzione fra le armature in legname di 2ª qualità e le armature di legname di 1ª qualità, ossia fra le armature fatte con legname colla squadratura e colla lunghezza rispettivamente minori di metri 0,32 e di 8

metri e fra le armature con legnami di squadratura e di lunghezza eccedenti le indicate dimensioni.

	Armature in legname di 2ª qualità	di 1ª qualità
Metri cubi di legname pel consumo .	0,050	0,033
Giornate di falegname per cappare il legname e segnarvi i tagli	0,30	0,20
Giornate di falegname pel taglio e per l'unione dei membri in prova .	1,00	0,70
Giornate di falegname per dismettere i pezzi, numerarli ed ordinarli . .	0,15	0,10
Giornate di falegname pel carico sulle carrette e per lo scarico	0,15	0,10
Giornate di falegname per l'accatastamento sul lavoro	0,15	0,10
Giornate di falegname per la posatura in opera	0,70	0,50
Giornate di falegname pel disfacimento e per l'accatastamento del legname .	0,30	0,20
Giornate di manovale pel carico sulle carrette e per lo scarico	0,20	0,14
Giornate di manovale per l'accatastamento sul lavoro	0,30	0,20
Giornate di manovale per la posatura in opera	1,40	1,00
Giornate di manovale pel disfacimento e per l'accatastamento del legname .	0,60	0,40
Giornate di carretta pel carico e per lo scarico	0,10	0,07
Giornate di carretta pel trasporto ad ogni 100 metri di distanza orizzontale	0,024	0,024

L'interesse annuale si suol prendere fra 1/25 ed 1/15 della somma capitale corrispondente ed il consumo fra 1/20 ed 1/10.

Soventi le armature si costruiscono presso il luogo in cui devono essere impiegate; in questi casi non sono da computarsi le giornate di carretta a due cavalli nè quelle di operai pel carico e per lo scarico.

459. **Analisi del prezzo delle vòlte di pietrame.** — I. *Prezzo di 1 metro cubo di vòlta grossa di pietrame.*

Metri quadrati .... di armatura con centine a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi 1,100 di pietrame a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,35 di malta a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,60 di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Il numero dei metri quadrati di armatura con centine da porsi in quest'analisi praticamente si deduce dividendo 1 metro cubo per lo spessore costante della vôlta o per lo spessore medio se essa non è di spessore uniforme. Se poi dalla totale distanza verticale della superficie del suolo dal sito su cui deve essere costrutta la vôlta si tolgono 3 metri, e se si indica con n il numero dei ricambii verticali corrispondenti alla differenza così trovata, si può ritenere che le giornate di manovale e di bardotto siano espresse:

Le prime da $0,70+0,20n$;
Le seconde da $0,30+0,06n$.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di vôlta sottile in pietrame.*

Metri quadrati 1,00 di armatura con centine a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi .... di pietrame a F. .... l'uno » .....
Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno » .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

I dati da porsi in quest'analisi variano evidentemente collo spessore della vôlta, e per gli spessori che sono di uso più frequente nella pratica si possono ritenere quelli della tavola che segue, nella quale n esprime il numero dei ricambi verticali contenuti nella totale distanza verticale della superficie del suolo dal sito in cui deve essere costrutta la vôlta, diminuita di 3 metri:

Spessore della vôlta in metri	Metri cubi di pietrame	Metri cubi di malta	Giornate di muratore	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
0,25	0,275	0,088	0,16	$0,175+0,05n$	$0,075+0,015n$:
0,20	0,220	0,070	0,13	$0,150+0,04n$	$0,060+0,012n$;
0,15	0,165	0,053	0,10	$0,110+0,03n$	$0,045+0,009n$:
0,10	0,110	0,035	0,07	$0,070+0,02n$	$0,030+0,006n$.

460. **Analisi dei prezzi delle vôlte in mattoni** I. *Prezzo di 1 metro cubo di vôlta grossa in mattoni.*

Metri quadrati .... di armatura con centine a F. .... l'uno F. .....
Numero .... mattoni a F. .... il migliaio » .....
Metri cubi 0,32 di malta a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,75 di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro cubo F. .....

Dividendo 1 metro cubo per lo spessore della vôlta si ha con sufficiente approssimazione il numero dei metri quadrati di armatura con centine da porsi nell'ultima analisi.

Il numero dei mattoni necessarii alla costruzione di 1 metro cubo di vôlta varia colle loro dimensioni e colla grossezza dello strato di malta da cui ciascuno di essi deve essere inviluppato, e pei mattoni colla massima dimensione di metri 0,26 si può mediamente fissare questo numero a 323.

Dando poi alla lettera n la denominazione che già le venne attribuita nelle due analisi del precedente numero, le giornate di manovale e di bardotto si possono esprimere:

Le prime con $0,20+0,06n$;
Le seconde con $0,25+0,055n$.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di vôlta sottile in mattoni.*

Metri quadrati 1,00 di armatura con centine a F. .... l'uno F. .....
Numero .... mattoni a F. .... il migliaio » .....
Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno » .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi sono quelli che risultano dalla tavola che segue, nella quale la lettera n ha sempre la significazione che le venne attribuita nel precedente numero:

Spessore della vôlta in metri	Numero di mattoni	Metri cubi di malta	Giornate di muratore	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
0,26	86	0,080	0,20	$0,050+0,013n$	$0,063+0,014n$;
0,13	43	0,040	0,13	$0,025+0,006n$	$0,031+0,007n$;
0,065	24	0,016	0,08	$0,013+0,003n$	$0,015+0,004n$.

Ecco i costi delle vôlte in mattoni secondo il nuovo elenco dei prezzi delle opere da eseguirsi pel conto del Municipio di Torino, impiegando mattoni di mezzanella forte e malta passata allo staccio fino, formando le occorrenti sagome, incastri, ecc., e comprendendo le armature:

Per ogni metro cubo,

Di piattabande ed archi di qualunque spessore per porte e finestre	F.	26,00
Di piattabande ed archi in breccia, comprendendo anche il trasporto dei materiali	»	27,00
Di archi propriamente detti e per vôlte di qualunque dimensione	»	28,00
Di archi e vôlte in breccia, compreso il trasporto.	»	29,00

Per ogni metro quadrato,

Di vôlta della grossezza di metri 0,13 alla chiave e di metri 0,26 all'imposta, con rinfianco sino ad 1/3 della monta	F.	4,20
Di vôlta fatta con mattonetti della grossezza di metri 0,08 a 0,10 alla chiave, e di metri 0,25 all'imposta pure rinfiancata fino ad 1/3 della monta.	»	3,50
Di vôlta di quarto, ossia della grossezza di metri 0,065 alla chiave, e di metri 0,13 all'imposta fino ad 1/3 della monta, con fasce, ove occorra, di metri 0,13 di spessore alla chiave, costrutte con malta passata allo staccio e mista con 1/3 di gesso .	»	3,20
Di porcelle o vôltine di quarto costrutte colla malta bastarda delle vôlte di quarto	»	2,00

I riempimenti dei fianchi delle vôlte, che si fanno con rottami o calcinaccio asciutto senza mescolanza di terra, si pagano franchi 1,80 per ogni metro cubo.

461. Prezzi delle vôlte le cui armature devono essere fatte con robusti cavalletti. — Si cerca prima il prezzo di 1 metro cubo di legname posto in opera per armatura col processo d'analisi dato al numero 458, ed il volume totale del legname impiegato per armatura si moltiplica per il prezzo trovato di 1 metro cubo onde avere il costo dell'armatura intiera. Ciò fatto, traendo partito delle analisi I del numero 459 o 460, secondo che trattasi di una vôlta

in pietra o di una vôlta in mattoni, ma trascurando in esse il prezzo della centinatura, si deduce il prezzo di 1 metro cubo di muratura per vôlto, e si moltiplica questo prezzo per il suo volume totale. Evidentemente il costo dell'armatura aumentato dal costo della muratura darà la spesa per l'intiera esecuzione dell'opera.

CAPITOLO VIII.

Analisi dei prezzi delle travate, delle incavallature e delle centine.

462. Moltissime sono le cause che concorrono a rendere variabili i prezzi delle travate, delle incavallature e delle centine, e fra queste si possono citare siccome principali: le qualità dei materiali da impiegarsi e la maggiore o minore difficoltà con cui questi si possono avere; il grado di lavoratura che devono ricevere; il trasporto dei pezzi già preparati dal cantiere al sito dell'impiego, il luogo in cui devono essere adoperati, il modo con cui devono essere posti in opera, ed i mezzi di cui si può disporre nell'esecuzione dei diversi lavori.

Lo stabilire in ogni caso particolare un giusto apprezzamento delle riferite cause e di parecchie altre, le quali influiscono a far variare i costi delle travate, delle incavallature e delle centine, è cosa, se non impossibile, assai difficile, lunga e laboriosa, per cui nella pratica suolsi dedurre il costo delle citate opere impiegando dei semplici metodi i quali, tenendo conto solamente delle principali cause che hanno influenza sul detto costo ed utilizzando i dati medii di parecchie osservazioni, conducono a risolver il problema se non in modo rigoroso, almeno con sufficiente approssimazione.

Le travate, le incavallature e le centine in legno soglionsi valutare per ogni metro cubo di legname in esse impiegato e per ogni miriagramma di ferro occorrente in fasciature, chiavarde, inchiodamenti, ecc. — Le travate, le incavallature e le centine metalliche si valutano per ogni miriagramma di metallo che entra nella loro formazione.

463. Analisi del prezzo delle travate, delle incavallature e delle centine in legno. — I. *Prezzo di 1 metro cubo di travata o di incavallatura in legno.*

Metri cubi	1,000	di legname in opera.	
»	....	» pel consumo nel taglio.	
Metri cubi	....	di legname a F. .... l'uno	F. .....
Giornate	....	di falegname per cappare, per segnare i tagli, per tagliare, per unire i membri in prova, per dismetterli, numerarli ed ordinarli.	
»	....	» per la tiratura in alto.	
»	....	» per la posatura in opera.	
Giornate	....	di falegname a F. .... l'una	» .....
Giornate	....	di manovale pel trasporto (in ragione di giornate 0,15 per ogni 100 metri di distanza orizzontale).	
»	....	» per la tiratura in alto.	
Giornate	....	di manovale a F. .... l'una	» .....
		Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Secondo che il legname è di 2ª o di 1ª qualità (num. 458), secondo che è esso di essenza dolce o di essenza forte e giusta il grado di lavoratura che deve ricevere nelle connessioni, le quali possono essere comuni, o semplici, o composte secondo che vengono fatte senza calettature, o per intestate a metà legno e ad ugnatura semplice ed a squadra con incastri di profondità non maggiore di 1/3 della grossezza, o con intaccature oblique e rette profonde più di 1/3 della grossezza dei pezzi e con calettature complicate, si porranno nella precedente analisi i dati pratici risultanti dalla seguente tavola, nella quale *n* esprime in decametri l'altezza a cui i legnami devono essere elevati.

	Metri cubi di legno per consumo	Giornate di falegname per cappare, ecc.	Giornate di falegname per la tiratura	Giornate di falegname per la posatura	Giornate di manovale per la tiratura
Legname dolce di 2ª qualità con connessioni comuni	0,050	0,15	0,15 + 0,02 *n*	0,60	0,30 + 0,04 *n*
Legname dolce di 2ª qualità con connessioni semplici	0,150	1,40	0,15 + 0,02 *n*	1,00	0,30 + 0,04 *n*
Legname dolce di 2ª qualità con connessioni composte	0,200	2,00	0,15 + 0,02 *n*	1,20	0,30 + 0,04 *n*
Legname dolce di 1ª qualità con connessioni comuni	0,033	0,10	0,06 + 0,015 *n*	0,45	0,12 + 0,03 *n*
Legname dolce di 1ª qualità con connessioni semplici	0,100	1,00	0,06 + 0,015 *n*	0,65	0,12 + 0,03 *n*
Legname dolce di 1ª qualità con connessioni composte . . .	0,150	1,50	0,07 + 0,02 *n*	1,00	0,14 + 0,04 *n*
Legname forte di 2ª qualità con connessioni comuni . . .	0,050	0,17	0,15 + 0,03 *n*	0,60	0,30 + 0,06 *n*
Legname forte di 2ª qualità con connessioni semplici	0,150	1,65	0,15 + 0,03 *n*	1,00	0,30 + 0,06 *n*
Legname forte di 2ª qualità con connessioni composte	0,200	2,35	0,15 + 0,03 *n*	1,20	0,30 + 0,06 *n*
Legname forte di 1ª qualità con connessioni comuni . . .	0,033	0,12	0,09 + 0,015 *n*	0,45	0,18 + 0,03 *n*
Legname forte di 1ª qualità con connessioni semplici	0,100	1,1[illegible]	0,09 + 0,015 *n*	0,65	0,18 + 0,03 *n*
Legname forte di 1ª qualità con connessioni composte . . .	0,15	1,[illegible]	0,10 + 0,02 *n*	1,00	0,20 + 0,04 *n*

II. *Prezzo di 1 metro cubo di travata o di incavallatura in legname piallato od in legname cordonato.*

Metri cubi 1,000 di armatura in legname non piallato o non cordonato	F. .....
Giornate .... di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro cubo	F. .....

Le giornate di falegname da porsi in quest'analisi si possono ritenere:

Pel legname dolce piallato	3,00
Pel legname forte piallato	4,50
Pel legname dolce cordonato	0,60
Pel legname forte cordonato	0,80

464. **Analisi del prezzo dei ferramenti per travate, per incavallature e per centine in legno.** — Le travate, le incavallature e le centine in legno sono generalmente tennte assieme e rinforzate da tiranti, da chiavarde, da cerchiature e da altri mezzi di collegamento in ferro, e per avere il loro costo completo è necessario di aggiungere al prezzo del legname, facile a dedursi colle norme date nel precedente numero, anche quello dei ferramenti che entrano nella loro composizione ricavabile con facilità e con sufficiente approssimazione dal seguente processo di analisi in cui si cerca il *prezzo di 1 miriagramma di ferramenti per travate, per incavallature e per centine.*

Miriagrammi 1,00 di ferramenti preparati per essere posti in opera	F. .....
Giornate .... di ferraio per la posatura in opera a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di garzone per la posatura in opera a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 miriagramma	F. .....

Il costo di 1,00 miriagramma di ferramenti preparati per essere posti in opera si deduce dal processo d'analisi che venne dato nella parte già pubblicata di questo lavoro sn l'arte di fabbricare, al volume che tratta dei *Materiali da costruzione e delle analisi dei loro prezzi*, alla pagina 323 ed al numero 298. In quanto alle

giornate di ferraio e di garzone, distinguendo come già si è fatto nel citato volume i ferramenti grossi in sette generi, ed i ferramenti minuti in due specie, si possono esse ritenere quali risultano dalla seguente tavola:

Indicazione dei ferramenti	Giornate di ferraio e di garzone
Ferramenti grossi di 1° genere	0,03
» 2° »	0,04
» 3° »	0,20
» 4° »	0,40
» 5° »	0,40
» 6° »	0,40
» 7° »	0,40
Ferramenti minuti di 1° specie	0,60
» 2° specie	0,75

465. **Prezzi delle travate, delle incavallature e delle centine in ferro.** — Deducendo dai costi totali di diverse travate, di diverse incavallature e di diverse centine in ferro già costrutte il costo di ogni miriagramma di ferro in esse impiegato, sono giunto ai seguenti semplici ed utili risultati, in grazia dei quali torna facile il dedurre il prezzo approssimato di qualsiasi travata, incavallatura e centina da costrursi, allorquando siansi trovati quelli di 1 miriagramma di ferramenti del 2° genere e del 3° genere col processo d'analisi riferito al num. 464. Tali risultati sono: che 1 miriagramma di ferro impiegato per travate semplici, con poche connessioni e con pochi inchiodamenti solo verso le estremità dei pezzi, costa come 1 miriagramma di ferramenti del 2° genere; e che 1 miriagramma di ferro impiegato per travate complesse, con molte connesssioni e con parecchi inchiodamenti, per incavallature e per centine costa circa la media aritmetica fra i due prezzi di 1 miriagramma di ferramenti del 2° genere e di 1 miriagramma di ferramenti del 3° genere.

Convien notare che i prezzi che si deducono dietro le riferite considerazioni comprendono il solo quantitativo di ferro impiegato e la mano d'opera pel congiungimento dei diversi pezzi, ma non le spese per ponti di servizio, per armature, per macchine e per forza motrice di cui sempre bisogna disporre, e che costituiscono una parte rilevante della spesa totale per la costruzione di grandi travate e di spaziose tettoie.

466. **Prezzi degli oggetti in ghisa per travate, per incavallature e per centine.** — Il costo di 1 miriagramma degli oggetti in ghisa può essere dedotto stabiliendo un' analisi analoga a quella che venne data per gli oggetti di bronzo o di ottone modellato, alla pagina 525 ed al numero 299 del volume già più volte citato, il quale tratta dei *Materiali da costruzione e delle analisi dei loro prezzi*.

Ecco il costo degli oggetti in ghisa giusta l'elenco dei prezzi stato pubblicato dall' uffizio d'arte della città di Torino:

	Prezzo di 1 miriagramma	
	di ghisa d'Aosta	di ghisa inglese
Ghisa di prima fusione modellata in pezzi pesanti più di 20 miriagrammi	3,50	3,00
Ghisa di prima fusione modellata in pezzi pesanti meno di 20 miriagrammi	4,00	3.50
Ghisa di seconda fusione modellata in pezzi pesanti più di 5 miriagrammi	4,00	3,50
Ghisa di seconda fusione modellata in pezzi pesanti meno di 5 miriagrammi	4,50	4,00
Ghisa di seconda fusione modellata in pezzi con intagliature ed ornati	5,00	4,50

467. **Analisi del prezzo dei suggellamenti** — I suggellamenti delle travi nei muri non vennero compresi nelle analisi stabilite per trovare i costi delle travato, e per conseguenza importa di qui indicare come si possa dedurre il costo di questi lavori che si distinguono in *grandi suggellamenti* quando si applicano a travi il cui lato maggiore della sezione trasversale non è inferiore a metri 0,20; in *suggellamenti mezzani* quando il detto lato è compreso fra metri 0,10 e 0,20; ed in *suggellamenti piccoli* quando lo stesso lato è al disotto di metri 0,10. Il buco da farsi collo scarpello nei muri avrà per lo meno metri 0,20 di profondità pei suggellamenti grandi, metri 0,15 pei suggellamenti mezzani e metri 0,10 pei suggellamenti piccoli. Ecco il semplice processo d'analisi che conduce a trovare il costo di un suggellamento:

Chilogrammi .... di gesso o di cemento a F. .... l'uno F. .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 suggellamento F. .....

Nelle ordinarie circostanze si possono ritenere come dati pratici da porsi nella precedente analisi quelli che risultano dalla seguente tavola :

	Chilogrammi di gesso o di cemento	Giornate di muratore
Suggellamento grande	7,50	0,20
Suggellamento mezzano	3,00	0,18
Suggellamento piccolo	1,50	0,16

In Torino il costo dei suggellamenti si può ritenere stabilito come segue:

Per nn suggellamento grande . . . . F. 0,80
Per un suggellamento mezzano . . . . » 0,50
Per un suggellamento piccolo . . . . » 0,30

CAPITOLO IX.

Analisi dei prezzi dei tavolati, dei solai e dei soffitti.

468. I tavolati vengono generalmente valutati e pagati a metri quadrati giusta la specie, la qualità e la grossezza delle tavole, compresa ogni provvista di tavole, di chiodi o di viti, ed ogni mano d'opera. — I travicelli sottostanti ai tavolati, le opere murali, gli oggetti in ferro ed i suggellamenti che possono occorrere onde collocare in opera i travicelli si pagano generalmente in disparte. I travicelli si stimano come legnami segati (*Materiali da costruzione e analisi dei loro prezzi*, pag. 367 e num. 289), gli oggetti di ferro si valutano come si è detto al num. 464, e come si è indicato al num. 467 i suggellamenti.

I solai in legno si pagano generalmente come le travate pure in legno, ossia a metri cubi di legname in essi impiegato, distinguendo le parti che sono di legname dolce da quelle che sono di legname forte, e quelle che sono in legname di 2ª qnalità da quelle che sono in legname di 1ª qualità (num. 463). I solai di

struttura ordinaria si possono considerare come formati da pezzi di legno uniti mediante connessioni comuni, ed i solai di grande portata e destinati a sopportare grandi pesi, non che quelli risultanti dalla combinazione di travi corte si devono invece risguardare siccome formati da pezzi messi assieme con connessioni semplici o con connessioni composte a seconda delle difficoltà delle connessioni ed il numero dei pezzi. — Gli oggetti in ferro pel consolidamento di unioni e per ottenere dei sicuri incastramenti, le fasciature, le chiavarde e quant'altro si adopera in metallo nella costruzione dei solai si valutano in disparte (num. 464), e lo stesso generalmente si fa pei suggellamenti delle travi alle estremità (num. 467), pei travicelli che si collocano sulle travate formanti le parti resistenti dei solai e pei tavolati che questi travicelli sopportano.

I solai in ferro si valutano per ogni miriagramma di ferro in essi impiegato e nelle ordinarie circostanze, non compresi i suggellamenti, i travicelli in legno, le tavole e quanto si pone sopra le travature in ferro, non che i materiali di riempimento, come gesso, laterizi leggieri e simili che generalmente si pagano in disparte, si possono essi considerare come ferramenti del 2° genere (num. 464).

I soffitti si valutano a metri quadrati comprendendo i listelli, le stuoie, i fili di ferro, i chiodi e qualsiasi mano d'opera, e le centine quando sono centinati.

469. **Analisi del prezzo dei tavolati.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di tavolato comune.*

Metri quadrati 1,00 di tavole in opera.	
» .... » pel consumo.	
Metri quadrati .... di tavole a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi 0,225 di chiodi a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di falegname per la mano d'opera.	
» .... » per la posatura.	
Giornate .... di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Ecco i dati pratici da porsi in quest'analisi a seconda dell'essenza del legname e del grado di lavoratura del tavolato.

	Metri quadrati di tavole pel consumo	Giornate di falegname	
		per la mano d'opera	per la posatura
Tavolato comune di legname dolce unito a filo piano .	0,08	0,07	0,09
Tavolato comune di legno dolce unito a filo piano e piallato su una parete . . .	0,08	0,17	0,09
Tavolato comune di legno dolce unito a filo piano e piallato sulle due pareti . .	0,08	0,27	0,09
Tavolato comune di legno dolce connesso a scanalatura e linguetta	0,13	0,14	0,18
Tavolato comune di legno dolce connesso a scanalatura e linguetta e piallato su una parete	0,13	0,24	0,18
Tavolato comune di legno dolce connesso a scanalatura e linguetta e piallato sulle due pareti	0,13	0,34	0,18
Tavolato comune di legno forte unito a filo piano . .	0,08	0,10	0,10
Tavolato comune di legno forte unito a filo piano e piallato su una parete . . .	0,08	0,22	0,10
Tavolato comune di legno forte unito a filo piano e piallato sulle due pareti . .	0,08	0,34	0,10
Tavolato comune di legno forte connesso a scanalatura e linguetta	0,13	0,20	0,20
Tavolato comune di legno forte connesso a scanalatura e linguetta e piallato su una parete	0,13	0,34	0,20
Tavolato comune di legno forte connesso a scanalatura e linguetta e piallato sulle due pareti	0,13	0,44	0,20

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di tavolato comune collato.*

Metri quadrati 1,00 di tavolato non collato	F. .....
Chilogrammi 0,04 di colla a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Le giornate di falegname per l'incollamento delle tavole formanti 1 metro quadrato di tavolato si possono ritenere siccome rappresentate dal numero 0,04 per le tavole di legname dolce e dal numero 0,05 per quelle di legname forte.

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di tavolato sottile di legno forte cogli asserelli uniti a filo piano.*

Metri quadrati 1,00 di asserelli in opera.
» 0,10 » pel consumo.

Metri quadrati 1,10 di asserelli a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi 0,165 di chiodi a F. .... l'uno	» .....

Giornate 0,10 di falegname per la mano d'opera.
» 0,10 » per la posatura.

Giornate 0,20 di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di tavolato in tavoloni di legno forte.*

Metri cubi ...1 di tavoloni a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi 0,40 di chiodi a F. .... l'uno	» .....

Giornate .... di falegname per la mano d'opera.
» .... » per la posatura.

Giornate .... di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Supponendo che i tavoloni abbiano lo spessore di metri 0,06, ecco quali sono i dati da porsi nella precedente analisi:

	Metri cubi di tavoloni	Giornate di falegname per la mano d'opera	Giornate di falegname per la posatura
Tavolato connesso a filo piano . . .	0,067	0,13	0,07
Tavolato connesso a scanalatura e linguetta	0,070	0,26	0,14

V. *Prezzo di 1 metro quadrato di tavolato a spina con tavole di legno dolce connesse a scanalatura e linguetta.*

Metri quadrati 1,00 di tavole in opera.
» .... » pel consumo.

Metri quadrati .... di tavole a F. .... l'uno F. .....

Chilogrammi .... di colla a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi .... di chiodi a F. .... l'uno » .....

Giornate .... di falegname per le calettature.
» 0,15 » pel piallamento da una parte.
» .... » per la posatura in opera.

Giornate .... di falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi variano colla larghezza delle tavole, e per larghezze di metri 0,12 e di metri 0,17 si possono mediamente ritenere quelli che qui sotto si riferiscono:

	Per tavole larghe metri 0,12	Per tavole larghe metri 0,17
Metri quadrati di tavole pel consumo	0,14	0,12
Chilogrammi di chiodi . .	0,30	0,225
Chilogrammi di colla . .	0,05	0,04
Giornate di falegname per le calettature	0,40	0,30
Giornate di falegname per la posatura	0,60	0,45

I prezzi dei tavolati a specchiature sono variabilissimi a seconda degli scompartimenti e delle qualità di legname che in essi si impiegano, per cui non risulta possibile di riferire i dati pratici che possono condurre a trovare il costo di 1 metro quadrato di questi tavolati con un processo d'analisi analogo a quello che venne dato pei tavolati comuni e pei tavolati a spina.

Ecco i costi di 1 metro quadrato dei principali tavolati secondo l'elenco dei prezzi stato pubblicato verso il principio uel anno 1866 per cura dell'ufficio d'arte della città di Torino :

1° Tavolato di pioppo o di abete della grossezza di metri 0,04, unito a filo piano, chiodato e rustico sulle due facce . . . . F. 2,60

2° Tavolato come il precedente, ma connesso a scanalatura o linguetta . . . . » 3,20

3° Tavolato come il 2°, ma intestato di legno forte o piallato su una faccia . . . . » 4,75

4° Tavolato di larice rosso o di castagno e nel resto come il 1° . . . . » 4,10

5° Tavolato di larice rosso o di castagno come il precedente, ma connesso a scanalatura e linguetta » 4,80

6° Tavolato come il 5° ma intestato e piallato su una faccia . . . . » 6,60

7° Tavolato di quercia o di noce e nel resto come il 1° . . . . » 5,20

8° Tavolato come il precedente, ma connesso a scanalatura e linguetta . . . . » 6,00

9° Tavolato come il numero 8°, ma intestato e piallato su una faccia . . . . » 8,00

10° Tavolato di pioppo o di abete per palchetto, della grossezza di metri 0,04 connesso a scanalatura e linguetta, piallato su una faccia, chiodato su travicelli di larice rosso colla sezione di metri 0,08 per 0,10, disposti a metri 0,70 di distanza da asse ad asse su pilastrini in muratura, compreso il suggellamento e quanto occorre a porre in opera i detti travicelli . . . . » 5,50

11° Tavolato come il numero 10°, ma di larice rosso » 7,70

12° Tavolato come il numero 10°. ma di quercia . » 8,80

13° Tavolato di pioppo in tutto eguale al precedente, ma della grossezza di metri 0,03 e coi travicelli

a distanza di metri 0,50 da asse ad asse . . F. 5,20
14° Tavolato come il numero 13°, ma di larice rosso » 7,28
15° Tavolato come il numero 13°, ma di quercia » 8,32
16° Tavolato per palchetto di larice rosso, a spina e della grossezza di metri 0,04, compresi i sottostanti travicelli e loro collocamento in opera . » 10,00
17° Tavolato come il precedente, ma della grossezza di metri 0,03 . . . . » 9,00
18° Tavolato per palchetto, a spina e fatto con legno di noce e ciliegio, compresi i sottostanti travicelli di larice rosso colla squadratura di 0,10 per 0,12 ed il loro collocamento in opera . . . » 13,00
19° Tavolato per palchetto analogo al precedente, ma di larice rosso e d'olmo . . . . » 11,50
20° Tavolato per palchetto, a disegni, in noce e ciliegio e posto in opera sopra travicelli di larice rosso, colla sezione avente i lati di metri 0,10 e 0,12, compreso anche il collocamento in opera dei travicelli . . . . » 15,00
21° Tavolato per palchetto analogo al precedente, ma fatto con larice rosso ed olmo . . . . . . » 13,50

Il prezzo dei tavolati aumenta o diminuisce col crescere o diminuire del loro spessore, ed il citato elenco dei prezzi stabilisce che, per ogni centimetro d'aumento o di diminuzione nello spessore, il costo del metro superficiale sia aumentato o diminuito come segue:

Pel tavolato numero 1° di . . . . F. 0,40
Pel tavolato numero 3° di . . . . » 0,50
Pel tavolato numero 4° di . . . . » 1,00
Pel tavolato numero 6° di . . . . » 1,10
Pel tavolato numero 7° di . . . . » 1,50
Pel tavolato numero 9° di . . . . » 1,60

470. **Prezzo dei solai.** — Quanto si è detto al numero 468 indica in modo generale come si può trovare il costo dei solai tanto in legno quanto in ferro, e nell'intento di darne una qualche idea si citeranno i prezzi del metro quadrato di alcuni semplici solai in legno supposti coperti da un tavolato, ed i limiti dei prezzi di 1 metro quadrato di solai in ferro ultimati col soffitto alla parte inferiore e con un tavolato alla parte superiore.

L'elenco dei prezzi della città di Torino stabilisce i seguenti prezzi per 1 metro quadrato di alcuni solai in legno costituiti da soli travicelli coperti da un tavolato comune di pioppo:

1° Solaio rustico con travetti di larice rosso o di quercia grossamente squadrati, colla lunghezza di metri 3 a 4,50, colla sezione avente mediamente 0,20 di lato, disposti ad intervalli di metri 0,70 a 0,80 da asse ad asse, con appoggio di non meno di metri 0,25 nel muro e portanti un tavolato di pioppo della grossezza di metri 0,04, compresa ogni mano d'opera e la chioderia occorrente . . . . F. 5,00

2° Solaio rustico come il precedente, ma formato con travicelli di larice rosso a spigolo netto di sega, colla lunghezza di 2 a 3 metri, colla sezione di metri 0,12 per 0,15 e disposti a distanza di metri 0,50 a 0,60 da asse ad asse. . . . . » 5,00

3° Solaio identico al precedente, ma con travicelli di quercia . . . . » 6,00

4° Solaio civile formato come il solaio rustico numero 1°, colla differenza però che le tavole devono essere piallate sulla parete vista ed i travetti lavorati a squadra viva, colla tolleranza di uno smusso di metri 0,02, sagomati e piallati sulle facce viste » 7,50

5° Solaio civile formato come il solaio rustico numero 2, ma colle tavole e coi travicelli piallati come pel solaio numero 4° . . . . » 6,00

Per quanto concerne ai costi dei solai in ferro si può ritenere che, compreso la provvista ed il collocamento in opera di tutti i ferri, il coprimento, il riempimento ed ogni opera per avere dei solai ultimati col soffitto alla parte inferiore e con un tavolato alla parte superiore, ascendano nelle ordinarie circostanze da franchi 12 a franchi 30 a seconda della minore o maggior resistenza che devono presentare, del sistema di riempimento, dell'essenza dei legnami in essi impiegati, della struttura dei tavolati e del modo con cui sono costrutti i soffitti.

471. Analisi del prezzo dei soffitti piani. — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di soffitto piano a stuoie.*

Metri lineari 6,00 di listelli a F. .... l'uno F. .....

Da riportare F. .....

Riporto F. .....

Metri quadrati 1,00 di stuoie a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,12 di filo di ferro a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,12 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,020 di malta bastarda a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,015 di malta fina a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,15 di muratore a F. l'una » .....
Giornate 0,08 di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate 0,07 di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di soffitto piano incannucciato.*

Numero 12 canne palustri a F. .... il centinaio F. .....
Chilogrammi 0,17 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,020 di malta bastarda a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,015 di malta fina a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,20 di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate 0,10 di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate 0,10 di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di soffitto piano imbottito.*

Metri lineari 24 di listelli a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi 0,40 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,06 di gesso in polvere a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,70 di muratore a F .... l'una » .....
Giornate 0,70 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

In Torino i soffitti piani vengono a costare per ogni metro quadrato:

I soffitti con stuoie fermate a listelli, compreso l'intonaco . . . . F. 2,75
I soffitti con stuoie fermate ad un tavolato già esistente, compreso pure l'intonaco . . . . . » 2,10
I soffitti con stuoie fermate ad un tavolato di asserelli di legno dolce di metri 0,02 di grossezza, disposti ad intervalli di metri 0,01 e chiodati a travicelli . . . . » 3,20

472. **Analisi del prezzo dei soffitti centinati** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di soffitto centinato a stuoie.*

Metri lineari 6,00 di tavole per centine a F. .... l'uno F. .....
Metri lineari 6,00 di listelli a F. .... l'uno » .....
Metri quadrati 1,00 di stuoie a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,12 di filo di ferro a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,60 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,020 di malta bastarda a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,150 di malta fina a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,41 di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate 0,28 di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate 0,10 di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di soffitto centinato incannucciato.*

Metri lineari 6,00 di tavole per centine a F. .... l'uno F. .....
Numero 12 canne palustri a F. .... il centinaio » .....
Chilogrammi 0,65 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,020 di malta bastarda a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,150 di malta fina a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,46 di muratore e F. .... l'una » .....
Giornate 0,33 di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate 0,10 di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

In Torino i soffitti centinati con stuoie, comprese le centine poste a distanza di circa metri 0,60 da mezzo a mezzo, si pagano da franchi 3,20 a 3,80 per ogni metro quadrato.

CAPITOLO X.

Analisi dei prezzi delle coperture.

473. Le coperture si valutano e si pagano a metri quadrati giusta l'effettiva estensione delle faccie che esse presentano; e si stabilisce generalmente per ogni metro lineare il prezzo dei canali di gronda e dei tubi per lo scolo delle acque.

Le coperture per tetti s'intendono generalmente costituite dai panconcelli e di quanto trovasi sopra di essi, ed i membri resistenti che servono al loro sostegno si valutano in disparte colle norme che vennero date parlando delle analisi dei prezzi delle travate, delle incavallature e delle centine; però le coperture di tegole curve posate su listelli (num. 333) fanno eccezione a questa regola e nella loro valutazione a metri quadrati si comprendono anche gli arcarecci. Ai comignoli, ai displuvii ed ai compluvii, eseguiti con tegole stuccate di malta oppure coperti con lastre metalliche, ben sovente si dà un prezzo indipendentemente dal resto della copertura a cui appartengono valutandoli a metri lineari.

Nel presente capitolo verranno date le analisi dei prezzi per le coperture che sono di uso più frequente nella pratica, e serviranno queste di norma a stabilire le analisi dei prezzi di qualsiasi altra copertura diversa da quelle che si considereranno.

474. Analisi del prezzo delle coperture di tegole. — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di copertura con tegole curve su listelli, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 20 di arcarecci a F. .... l'uno	F. .....
Metri lineari 60 di listelli a F. .... l'uno	» .....
Numero 360 tegole a F. .... il migliaio	» .....
Chilogrammi 1,55 di caviglielte a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 1,60 di chiodi a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,15 di muratore per la posatura degli arcarecci.	
» 0,25 » per la posatura dei listelli.	
» 0,80 » per la posatura delle tegole.	
Giornate 1,20 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri quadrati	F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato	» .....

In quest'analisi si porranno i costi dei materiali portati a tale distanza dal luogo di loro impiego, che un sol manovale possa tutti somministrarli ad un muratore applicato esclusivamente al loro collocamento in opera, ed allora si assumerà il numero 1,20 siccome esprimente le giornate di manovale.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di copertura con tegole piane posate su listelli, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 20 di panconcelli a F. .... l'uno	F. .....
Metri lineari 70 di listelli a F. .... l'uno	» .....
Numero 420 tegole piane a F. .... il migliaio	» .....
Chilogrammi 1,55 di cavigliette a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 1,85 di chiodi a F. .... l'uno	» .....

Giornate 0,15 di muratore per la posatura dei panconcelli.
» 0,30 » per la posatura dei listelli.
» 0,75 » per la posatura delle tegole.

Giornate 1,20 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri quadrati	F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato	» .....

Le giornate di manovale saranno espresse dal numero 1,20 allorquando anche in quest'analisi, come nella precedente, si supponga che i materiali siano presi in tal sito da bastar un sol manovale per portar quanto occorre ad un sol muratore.

III. *Prezzo di 1 metro lineare di comignolo, di displuvio o di compluvio formato con tegole poste in opera con malta, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri lineari.*

Numero 36 tegole colmarecce a F. .... il migliaio	F. .....
Metri cubi 0,040 di malta a F. .... l'uno	» .....
Giornate 0,30 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri lineari	F. .....
Prezzo di 1 metro lineare	» .....

Le giornate di manovale e di bardotto variano colla distanza del sito in cui devono essere prese le tegole e la malta dal sito in cui questi materiali vanno impiegati. Nelle circostanze in cui bastano un sol manovale e due bardotti per servire tre muratori

saranno espresse da 0,10 le giornate di manovale e da 0,20 quelle di bardotto.

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di ristabilimento di copertura con tegole curve, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Giornate 0,10 di muratore pel disfacimento della copertura.
» 0,40 » per la posatura delle tegole.

Giornate 0,50 di muratore a F. .... l'una F. .....

Giornate 0,10 di manovale per la mondatura delle tegole a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

V. *Prezzo di 1 metro quadrato di riparazione di copertura con tegole curve posate su listelli, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Chilogrammi 0,35 di chiodi a F. .... l'uno F. .....

Giornate 0,15 di muratore pel disfacimento della copertura.
» 0,05 » per l'intrusione dei chiodi.
» 0,80 » per la posatura delle tegole.

Giornate 1,00 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate 0,20 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

VI. *Prezzo di 1 metro quadrato di risarcimento di copertura con tegole curve posate su listelli, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 6 di listelli a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi 0,60 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Numero 25 tegole curve a F. .... il migliaio » .....

Da riportare F. .....

Riporto F. .....

Giornate	0,20	di muratore	pel disfacimento.	
»	0,10	»	pel riattamento della pan- concellatura di listelli.	
»	0,80	»	per la posatura delle tegole.	
Giornate	1,10	di muratore a F. .... l'una		» .....
Giornate	....	di manovale a F. .... l'una		» .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

Le giornate di manovale da porsi in quest'analisi variano colla distanza del sito in cui si devono prendere i materiali pel risarcimento dal luogo in cui devono essere posti in opera; e queste giornate sono espresse da 0,55 nei casi ben frequenti in cui un solo manovale è capace di servire due muratori.

In Torino i prezzi delle coperture di tegole curve sono, per ogni metro quadrato, quelli che immediatamente si riferiscono:

Copertura cogli arcarecci di larice rosso del diametro di metri 0,08 a 0,10 in punta, disposti a distanza di metri 0,55 a 0,60 da mezzo a mezzo ed inchiodati ai puntoni, coi listelli posti a distanza di metri 0,16 da asse ad asse ed inchiodati agli arcarecci, con 36 tegole per ogni metro quadrato. coi comignoli, coi displuvii e colle linee contro i muri in tegole colmarecce, dette *tegoloni*, posate con malta. . . . . F. 4,00

Copertura cogli arcarecci di larice rosso squadrati, di metri 0,08 per 0,06 in punta e posti a distanza di metri 0,33 da asse ad asse, con tavelle in opera sugli arcarecci e collegate con malta, con 36 tegole per ogni metro quadrato, e nel resto come la precedente . . . . » 5,00

475. **Analisi del prezzo delle coperture in lastre di pietra.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di copertura con lastre in pietra grossolane, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 20 di panconcelli a F. .... l'uno	F. .....
Metri lineari 125 di listelli a F. .... l'uno	» .....
Metri quadrati 30 di lastre grossolane a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 1,55 di cavigliette a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 2,00 di chiodi a F. .... l'uno	» .....

Giornate 0,15 di muratore per la posatura dei panconcelli.
» 0,15 » per la posatura dei listelli.
» 0,70 » per la posatura delle lastre.

Giornate 1,00 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri quadrati	F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato	» .....

Nell'ipotesi che i materiali da impiegarsi par fare la copertura si trovino già depositati in tal sito che basti un sol manovale per servire un sol muratore, si assumerà il numero 1,00 siccome quello che esprime le giornate di manovale.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di copertura con lastre quadrate in pietra aventi 1 metro di lato e poste direttamente in opera sugli arcarecci, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 29 di arcarecci a F. .... l'uno	F. .....
Numero 15 lastre di pietra a F. .... il centinaio	» .....
Chilogrammi 1,85 di cavigliette a F. .... l'uno	» .....

Giornate 0,25 di muratore per la posatura degli arcarecci.
» 0,40 » per la posatura delle lastre.

Giornate 0,65 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri quadrati	F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato	» .....

Stando l'ipotesi che basti un sol manovale per servire un muratore, si assumerà il numero 0,65 siccome esprimente le giornate di manovale.

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di copertura con lastre quadrate di pietra di metri 0,56 di lato poste in opera con malta su un tavolato, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 20 di panconcelli a F. .... l'uno F. .....
Metri quadrati 10 di asserelli a F. .... l'uno » .....
Numero 100 lastre di pietra a F. .... il centinaio » .....
Chilogrammi 1,55 di cavigliette a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 1,65 di chiodi pel tavolato a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,35 di chiodi per fermare le lastre a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,27 di malta a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,15 di muratore per la posatura dei panconcelli.
» 0,25 » per la posatura del tavolato.
» 0,25 » per distendere lo strato di malta.
» 0,70 » per la posatura delle lastre.
» 0,25 » per la stuccatura delle lastre.

Giornate 1,60 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

Ammettendo che i materiali da impiegarsi per la formazione della copertura siano in tal sito che a servire un muratore occorrano un manovale ed un bardotto, si può ritenere nelle ordinarie circostanze che debbano essere espresse dal numero 1,10 le giornate di manovale e dal numero 0,50 quelle di bardotto.

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di copertura con ardesie collocate in opera su un tavolato, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri quadrati.*

Metri lineari 20 di panconcelli a F. .... l'uno F. .....
Metri quadrati 10 di asserelli a F. .... l'uno » .....

Da riportare F. .....

Riporto F. .....

Numero .... di ardesie a F. .... il centinaio » .....
Chilogrammi 1,55 di caviglielte a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 1,65 di chiodi pel tavolato a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi .... di chiodi per fermare le ardesie a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,15 di muratore per la posatura dei pan-concelli.
» 0,25 » per la posatura del tavolato.
» .... » per la posatura delle ardesie.

Giornate .... di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

La tavola che segue somministra i dati pratici variabili colla grandezza delle ardesie da porsi in quest'analisi pei due casi particolari di ardesie rettangolari coi lati di metri 0,30 per 0,22 e di metri 0,22 per 0,16.

	Numero delle ardesie	Chilogrammi di chiodi per fermare le ardesie	Giornate di muratore per posare le ardesie
Ardesie di 0,30 per 0,22	460	1,50	0,90
Ardesie di 0,22 per 0,16	850	2,55	1,25

Per quanto concerne alle giornate di manovale si ammetterà l'ipotesi che i materiali tutti da impiegarsi per la costruzione della copertura siano depositati in tal sito che un sol manovale basti per servire un sol muratore, e allora si avrà che il numero esprimente le giornate di manovale, deve essere eguale a quello esprimente le giornate di muratore, ossia 1,30 per le coperture con ardesie di metri 0,30 per 0,22 di lato, ed 1,65 per quelle con ardesie di metri 0,22 per 0,16 di lato.

V. *Prezzo di 1 metro quadrato di ristabilimento di copertura d'ardesie di metri* 0,30 *per* 0,22 *di lato, collocate in opera su tavolato, dedotto dall'analisi del prezzo di* 10 *metri quadrati.*

Chilogrammi 0,50 di chiodi d'ardesie a F. .... l'uno F. .....

Giornate 0,15 di muratore pel disfacimento.
» 0,60 » per la posatura delle ardesie.

Giornate 0,75 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate 0,15 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

VI. *Prezzo di 1 metro quadrato di riparazione di copertura d'ardesie di* 0,30 *per* 0,22 *di lato, collocate in opera su tavolato, dedotto dall'analisi del prezzo di* 10 *metri quadrati.*

Chilogrammi 0,40 di chiodi da tavolato a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi 0,75 di chiodi d'ardesie a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,25 di muratore pel disfacimento.
» 0,05 » per estrarre ed introdurre i chiodi.
» 1,10 » per la posatura delle ardesie.

Giornate 1,40 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate 0,40 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

VII. *Prezzo di 1 metro quadrato di risarcimento di copertura con ardesie di metri* 0,30 *per* 0,22 *di lato, collocate in opera su tavolato, dedotto dall'analisi di prezzo di* 10 *metri quadrati.*

Metri quadrati 1,00 di asserelli a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi 0,40 di chiodi da tavolato a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,75 di chiodi d'ardesie a F. .... l'uno » .....
Numero 23 ardesie a F. .... il centinaio » .....

Giornate 0,28 di muratore pel disfacimento.
» 0,08 » pel riattamento del tavolato.
» 1,10 » per la posatura delle ardesie.

Giornate 1,46 di muratore a F. .... l'una » .....

Da riportare F. .....

Riporto F. .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 10 metri quadrati F. .....
Prezzo di 1 metro quadrato » .....

Ponendo che i materiali da impiegarsi pel risarcimento si trovino in tale sito che un sol manovale possa servire due muratori, si avrà che le giornate di manovale da porsi in quest'analisi sono espresse da 0,75.

In Torino i prezzi di 1 metro quadrato delle coperture in lastre di pietra maggiormente usate sono i seguenti:

Per coperture in lastre quadrate di Luserna o di Bagnolo di 1 metro di lato, grosse da metri 0,03 a 0,04, disposte per diagonale in modo da coprirsi le une e le altre per almeno metri 0,18, sostenute da arcarecci di larice rosso a tutta squadra coi lati della sezione di metri 0,10 a 0,12, collocati a metri 0,40 di distanza da mezzo a mezzo e chiodati dove appoggiano sui puntoni, coi comignoli, displuvii e compluvii coperti da canali o da fogli di latta piegata in traverso o anche coi comignoli e displuvii coperti da tegoloni posti in opera con calce. . F.	7,50
Per coperture in lastre rettangolari di metri 0,70 ad 1 di larghezza disposte a corsi regolari, e nel resto come le precedenti . . . . »	6,50
Per coperture in lastre quadrate di Barge, di metri 0,50 di lato e grosse metri 0,03, disposte a ridosso le une sulle altre sopra un tavolato di pioppo dello spessore di metri 0,03 chiodato ad arcarecci di larice rosso squadrati con sezione di metri 0,10 a 0,12, collocati a distanza di metri 0,60 da mezzo a mezzo, coi comignoli, displuvii e compluvii formati come per le coperture precedenti. . . . . . »	7,00

476. **Prezzi delle coperture metalliche.** — Considerando un dato numero di metri quadrati di una copertura metallica, misurando tutti i diversi materiali che si devono impiegare per la sua esecuzione e cercando qual può essere il costo della mano d'opera, si potrebbe instituire l'analisi e trovare il prezzo per la costruzione dello stabilito numero di metri quadrati di copertura, e de-

durre quindi, come si è fatto per le coperture di tegole e per quelle in lastre di pietra, il prezzo del metro quadrato.

In Torino le coperture metalliche in fogli di piombo ed in fogli di rame si pagano abitualmente per ogni chilogramma di lastra impiegata; quelle in fogli di zinco ed in lastra di ferro si pagano invece a metri quadrati non misurando il ricoprimento dei fogli; e, giusta l'elenco dei prezzi stato pubblicato dall'ufficio d'arte municipale, i prezzi delle coperture metalliche, non compresi i sottostanti tavolati, coi fogli posti in opera a dilatazione libera e convenientemente fermati, sono i seguenti:

Copertura con fogli di piombo per ogni chilogramma di piombo	F.	1,00
Copertura con lastre di rame stagnate da ambe le parti, per ogni chilogramma di rame	»	4,70
Copertura in fogli di zinco numero 12, per ogni metro quadrato	»	7,60
Copertura in fogli di zinco numero 13, per ogni metro quadrato	»	8,90
Copertura in fogli di zinco numero 14, per ogni metro quadrato	»	9,80
Copertura in lastra scanalata di ferro pesante chilogrammi 4,60 per ogni metro quadrato, colorita ad olio cotto con biacca o bianco di zinco con una mano sotto e due sopra, per ogni metro quadrato	»	6,00
Copertura in lastra di ferro zincato, per ogni metro quadrato	»	11,00

477. **Prezzi delle coperture con vetri.** — Le lastre che impiegansi più di frequente nelle moderne coperture con vetri sono quelle dette di Saint-Gobain aventi grossezza fra metri 0,004 e 0,006 e lunghezza non maggiore di metri 2,50. I prezzi di queste coperture, valutando in disparte tutte le armature ed i ferri a vetri, sono in Torino e per ogni metro quadrato, a seconda della qualità e delle grandezze delle lastre, quelli che risultano dalla seguente tavola:

	Vetro mezzo bianco rigato	Vetro mezzo bianco ammandorlato	Vetro bianco rigato	Vetro bianco ammandorlato
Lastre di superficie non maggiore di metri quadrati 0,20 . . . F.	10,00	12,50	12,50	15,50
Lastre di superficie compresa fra metri quadrati 0,20 e 0,60 . »	11,00	13,70	13,70	16,50
Lastre di superficie compresa fra metri quadrati 0,60 e 1 . . »	12,50	15,30	15,30	17,90

Le coperture con tegole di vetro vengono a costare per ogni tegola posta in opera, non comprese le armature ed i regoli che le sostengono:

Franchi 1,10 per ogni tegola lunga metri 0,60;
» 1,25 » 0,75;
» 1,60 » 0,90.

478. **Analisi del prezzo dei canali di gronda e dei tubi per lo scolo delle acque.** — I. *Prezzo di 1 metro lineare di canale di gronda dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri.*

Numero .... fogli di latta a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi .... di saldatura a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi .... di resina a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi .... di fil di ferro a F. .... l'uno	» .....
Ettolitri .... di carbone a F. .... l'uno	» .....
Consumo 1/20 della indiçate spese	» .....
Giornate .... di lattaio a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri lineari	F. .....
Prezzo di 1 metro lineare	» .....

La latta si distingue in latta sottile ed in latta forte. La prima si trova ordinariamente in fogli larghi metri 0,25 e lunghi 0,35 col peso di chilogrammi 0,239 a 0,315 per ciascun foglio; i fogli della seconda sono larghi metri 0,315, lunghi 0,430, e pesano ciascuno da chilogrammi 0,461 a 0,696; ed in seguito di queste dimensioni risultano i seguenti dati pratici da porsi nella precedente analisi:

	Canale in latta sottile saldata		Canale in latta forte saldata	
	sulla larghezza	sulla lunghezza	sulla larghezza	sulla lunghezza
Numero dei fogli . . .	30	43	24	33
Chilogr. di saldatura. .	0,88	1,62	0,99	1,86
Chilogrammi di resina .	0,03	0,052	0,034	0,06
Chilogr. di fil di ferro	0,21	0,21	0,21	0,21
Ettolitri di carbone . .	0,006	0,01	0,007	0,033
Giornate di lattaio . . .	1,15	1,87	1,44	2,20

II. *Prezzo di 1 metro lineare di tubo per lo scolo delle acque, fatto con latta sottile curvata sulla larghezza, dedotto dall'analisi del prezzo di 10 metri.*

Numero 30 fogli di latta sottile a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi 0,95 di saldatura a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,037 di resina a F. .... l'uno	» .....
Ettolitri 0,006 di carbone a F. .... l'uno	» .....
Consumo 1/20 delle indicate spese	» .....
Giornate 0,90 di lattaio a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 10 metri lineari	F. .....
Prezzo di 1 metro lineare	» .....

Ecco presso a poco quali sono presentemente in Torino i prezzi per 1 metro lineare di canali di gronda e di tubi per la discesa delle acque, compreso il loro completo collocamento in opera, non che gli ordinari ferramenti per mantenerli a posto:

Canali di gronda in fogli di latta forte, pesanti ciascuno chilogrammi 0,58 e piegati nel senso della loro larghezza, sagomati e coloriti a due riprese con biacca o bianco di zinco ed olio sulle due facce, comprese le necessarie cicogne di ferro ad ogni metri 0,50 di distanza . . . . F.	2,00
Canali in fogli di latta come i precedenti, ma piegati nel senso della lunghezza . . . . »	2,50
Canali per converse, pure con fogli di latta forte piegati nel senso della larghezza, coloriti e messi in opera . . . . »	1,85
Canali di gronda in fogli di latta sottile, pesanti ciascuno chilogrammi 0,27, piegati nel senso della loro larghezza, sagomati, coloriti e messi in opera come i precedenti . . . . »	1,50

Canali di gronda in fogli di latta come i precedenti, ma piegati nel senso della lunghezza . . . . F. 2,00

Tubi per lo scolo delle acque in fogli di latta sottile, pesanti ciascuno chilogrammi 0,27 e piegati nel senso della lunghezza, coloriti come i canali e messi in opera, comprese le occorrenti staffe e fili di ferro » 1,80

Tubi come i precedenti, ma coi fogli piegati nel senso della larghezza . . . . » 1,50

479. **Analisi del prezzo delle cappe**. — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di cappa semplice.*

Metri cubi 0,04 di malta cementizia per la rinzeppatura.
» 0,10 » per lo strato.

Metri cubi 0,14 di malta cementizia a F. .... l'uno F. .....

Chilogrammi 0,25 d'olio di noce a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,20 di muratore per iscalzare, pulire e rinzeppare le commessure.
» 0,30 » per distendere le diverse materie.
» 0,40 » per battere e levigare la cappa.

Giornate 0,90 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Nelle ordinarie circostanze in cui le sostanze cementizie si prendono a poca distanza dal sito dell'impiego si possono fissare di 0,40 le giornate di bardotto.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di cappa doppia.*

Metri cubi 0,04 di malta cementizia per la rinzeppatura.
» 0,06 » pel primo strato.
» 0,03 » pel secondo strato.

Metri cubi 0,13 di malta cementizia a F. .... l'uno F. .....

Da riportare F. .....

Riporto F. .....

Metri cubi 0,04 di pietruzze o ghiaia minuta a F. .... l'uno » .....
Metri cubi 0,20 di terra a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,20 di sapone a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,25 d'olio di noce a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,20 di muratore per iscalzare, pulire e rinzeppare le commessure.
» 0,60 » per distendere le diverse materie.
» 0,60 » per battere e levigare la cappa.

Giornate 1,40 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate 1,10 di manovale per la vagliatura della terra.
» .... » pel trasporto delle materie.
» 0,05 » per lo spandimento della terra.

Giornate .... di manovale a F. l'una » .....

Giornate .... di bardotto a F. l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Le giornate di manovale e di bardotto pel trasporto delle materie variano colla distanza del sito in cui la cappa si costruisce dal sito in cui si prendono i materiali da impiegarsi nella sua formazione, e nei casi ordinarii in cui trovansi essi a poca distanza dal sito in cui devono essere posti in opera si possono fissare di 0,05 le giornate di manovale, e di 0,40 quelle di bardotto.

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di cappa mista in malta cementizia coperta con mattoni*

Metri cubi 0,11 di malta cementizia a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi 0,04 di cemento a F. .... l'uno » .....
Numero 32 mattoni a F. .... il migliaio » .....
Giornate 0,40 di muratore a F. .... l'una » .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Le giornate di manovale e di bardotto evidentemente variano da un caso all'altro principalmente in dipendenza della distanza che esiste fra il sito in cui i materiali si trovano e quello in cui devono essere posti in opera, ed è solamente nelle ordinarie circostanze in cui i materiali trovansi già al cantiere a piccola distanza dal luogo dell'impiego che si possono assumere di 0,10 le giornate di lavorante e di 0,20 quelle di bardotto.

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di cappa di mastice bituminoso colato con spessore di metri* 0,008.

Litri 9,00 di mastice a F. .... l'uno	F. .....
Giornate 0,10 d'asfaltatore a F, ... l'una	» .....
Giornate 0,05 di garzone a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Ecco i prezzi medii di alcune cappe quali si costruiscono in Torino e ne' suoi dintorni:

Cappa di cemento a lenta presa dello spessore di metri 0,02, per ogni metro quadrato	F.	2,50
Cappa come la precedente, ma dello spessore di metri 0,03, per ogni metro quadrato	»	3,20
Cappa di calcestruzzo con malta idraulica, ben battuta e lisciata, per ogni metro cubo.	»	24,00

CAPITOLO XI.

Analisi dei prezzi delle opere per pavimenti.

480. Al capitolo III già si è fatto parola delle analisi dei prezzi di alcune opere per pavimenti, quali sono le inghiaiate, le selciate ed i lastricati; al capitolo IX si è accennato alle norme onde trovare i costi dei pavimenti in legno; e per completare quanto si è detto nei due citati capitoli si vien ora a parlare dei prezzi degli ammattonati e dei battuti, i quali vengono generalmente valutati e pagati a metri quadrati.

481. **Analisi del prezzo degli ammattonati.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di ammattonato con mattoni comuni posati di costa sopra un letto di sabbia.*

Metri cubi 0,070 di sabbia a F. .... l'uno	F. .....
Numero 56 mattoni a F. .... il migliaio	» .....
Giornate 0,06 di muratore per la mano d'opera a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale pel trasporto delle materie a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di ammattonato con mattoni comuni posati di costa sopra un letto di sabbia e rinzeppati con malta.*

Metri cubi 0,060 di sabbia a F. .... l'uno	F. .....
Metri cubi 0,014 di malta a F. .... l'uno	» .....
Numero 56 mattoni a F. .... il migliaio	» .....
Giornate 0,08 di muratore per la mano d'opera a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale pel trasporto della sabbia e dei mattoni a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto pel trasporto della malta e dell'acqua a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Le giornate di manovale pel trasporto della sabbia e dei laterizi, e quelle di bardotto pel trasporto della malta e dell'acqua variano col cambiare di distanza orizzontale e di elevazione dal luogo in cui i materiali si prendono al sito in cui devono essere impiegati, ed agevolmente per approssimazione si potrebbero dedurre le accennate giornate traendo partito di quanto venne detto ai capitoli I e IV sui trasporti degli sterri e sui trasporti dei materiali per costruzioni in muratura. Nell'ipotesi che la distanza media del trasporto sia di 60 metri si può ammettere che le giornate di manovale, tanto nella prima quanto nella seconda analisi siano rappresentate dal numero 0,03, e dal numero 0,015 quelle di bardotto nella seconda analisi.

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di ammattonato sopra un letto di malta.*

Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno	F. .....
Numero .... mattoni a F. .... il migliaio	» .....
Da riportare	F. .....

Riporto F. .....

Giornate .... di muratore per la mano d'opera a F. .... l'una " .....

Giornate .... di manovale pel trasporto dei laterizi a F. .... l'una » .....

Giornate .... di bardotto pel trasporto della malta e dell'acqua a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Per dati pratici da porsi nella precedente analisi si possono assumere quelli che risultano dalla seguente tavola.

Laterizi e loro disposizione	Metri cubi di malta	Numero dei laterizi	Giornate di muratore
Mattoni di piatto	0,027	28	0,11
Mattoni di costa	0,050	56	0,20
Mattoni di punta	0,100	112	0,40
Mattonetti di piatto	0,032	40	0,12
Mattonetti di costa	0,060	90	0,30
Pianelle piccole	0,030	33	0,07
Pianelle comuni	0,038	17	0,05

In quanto alle giornate di manovale e di bardotto variano esse colla distanza del sito in cui devono essere presi i materiali dal sito in cui devono essere posti in opera, e per dedurle in ogni caso particolare può bastare quanto si è detto al capitolo IV parlando del trasporto dei materiali per opere murali: nel caso di un trasporto medio orizzontale di 60 metri coll'aggiunta di un trasporto verticale di 10 metri d'altezza si possono ritenere come sufficientemente esatti i numeri della seguente tavola:

Qualità dell'ammattonato	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
Ammattonato di mattoni di piatto	0,05	0,08
Ammattonato di mattoni di costa	0,10	0,15
Ammattonato di mattoni di punta	0,20	0,28
Ammattonato di mattonetti di piatto	0,07	0,10
Ammattonato di mattonetti di costa	0,16	0,21
Ammattonato di pianelle piccole	0,05	0,08
Ammattonato di pianelle comuni	0,04	0,08

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di ammattonato di pianelle comuni a mezza o ad intiera rotatura.*

Metri cubi 0,033 di malta a F. .... l'uno	F. .....
Metri cubi 0,001 di cemento per la rinzeppatura a F. .... l'uno	» .....
Numero .... pianelle comuni a F. .... il migliaio	» .....
Metri cubi 0,002 di sabbia per la rotatura a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di lavorante capace per tagliare i quadrelli, appianare la superficie e refilare gli spigoli a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di lavorante comune per la rotatura a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di muratore per la mano d'opera a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale pel trasporto dei laterizi a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto pel trasporto della malta e della sabbia a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

I dati pratici che generalmente convengono per quest'analisi sono quelli riportati nella tavola che segue:

	Ammattonato con pianelle a mezza rotatura	Ammattonato con pianelle a rotatura intiera
Numero delle pianelle	18	20
Giornate di lavorante capace	0,13	0,30
Giornate di lavorante comune	0,065	0,08
Giornate di muratore	0,07	0,11

Le giornate di manovale e di bardotto pel trasporto dei materiali, che variano colla distanza orizzontale e verticale del trasporto, si possono assumere rispettivamente di 0,04 e di 0,07 pel caso di un trasporto orizzontale di 60 metri con un' elevazione di 10 metri.

I prezzi di 1 metro quadrato dei principali ammattonati sono mediamente in Torino quelli che qui sotto si riferiscono:

Ammattonato di mattoni forti e rustici, posti di costa sopra uno strato di calcinaccio coperto da uno strato

di malta alto metri 0,04 e con commessure non maggiori di metri 0,004 e diligentemente profilate F. 2,00

Ammattonato ancora di mattoni forti e rustici, posti di costa sopra uno strato di calcina dello spessore di metri 0,04, collocati a secco l'uno contro l'altro a distanza di metri 0,004, per poi riempire gli intervalli con malta comentizia ridotta in poltiglia chiara, e profilati . . . . » 3,50

Ammattonato di pianelle rustiche di metri 0,25 di lato, posate sopra un suolo di calcinaccio coperto da uno strato di malta alto metri 0,03, colle commessure non eccedenti i metri 0,004 riempite di malta cementizia ed in seguito profilate . . . . » 1,70

Ammattonato come il precedente, ma colle pianelle fregate . . . . » 1,80

Ammattonato a mezza rotatura posto in opera come i precedenti . . . . » 2,00

Ammattonato a rotatura intiera, anche posto in opera come i precedenti . . . . » 2,40

482. **Analisi del prezzo dei battuti**. — *Prezzo di 1 metro quadrato di battuto comune.*

Metri cubi 0,100 di malta cementizia a F. .... l'uno F. .....
Metri cubi 0,062 di sassolini a F. .... l'uno » .....

Giornate 0,15 di muratore per distendere gli strati.
» 0,15 » pel pestamento e rotatura.

Giornate 0,30 di muratore a F. .... l'una » .....

Giornate .... di manovale a F. .... l'una » .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Le giornate di manovale e di bardotto, variabili colla distanza a cui i materiali devono essere trasportati, si possono assumere siccome rappresentate dal numero 0,12 nelle circostanze in cui la distanza media del trasporto sia di circa 60 metri di percorso orizzontale con una elevazione prossima a 10 metri.

Per quanto concerne ai prezzi dei battuti marmorei, variano essi cogli scompartimenti, coi disegni che si vogliono figurare, colla

qualità e colla varietà dei marmi. Questi prezzi sono mediamente in Torino, per ogni metro quadrato, quali si riferiscono nella seguente tavola:

Battuto marmoreo a campo liscio, fatto con pezzi di marmo a varii colori, grossi circa metri 0,015, ridotto lucente e strofinato a perfetta siccità . F.	3,50
Battuto marmoreo come il precedente, ma con fascia e controfascia e con rosone nel mezzo . . . »	4,00
Battuto marmoreo con scomparti di varii colori e con fascia . . . . »	4,50
Battuto marmoreo a grossa macchia, ossia con pezzi di marmo grossi da metri 0,03 a 0,04, con fascia, controfascia e rosone nel mezzo . . . . . . »	8,00

483. **Prezzi dei pavimenti di mastice bituminoso.** — In Torino i prezzi dei pavimenti di mastice bituminoso per ogni metro quadrato, non compreso il sotto suolo, sono mediamente quelli che appaiono dalla seguente tavola:

Pavimento d'asfalto naturale della grossezza di metri 0,012 . . . . F.	5,00
Pavimento d'asfalto artificiale grosso come il precedente . . . . »	2,50
Pavimento a due strati, uno naturale e l'altro artificiale, dello spessore di metri 0,012 ciascuno . »	6,70
Pavimento d'asfalto naturale della grossezza di metri 0,015 . . . . »	6,00
Pavimento d'asfalto artificiale pure della grossezza di metri 0,015 . . . . »	2,75
Pavimento a due strati, naturale uno ed artificiale l'altro, di spessore di metri 0,015 caduno . . »	8,00
Pavimento d'asfalto naturale della grossezza media di metri 0,031 . . . . »	8,50
Pavimento d'asfalto in rocca (*Materiali da costruzione*, num. 149) compresso colla grossezza di metri 0,050 . . . . »	19,00

CAPITOLO XII.

Analisi dei prezzi dei lavori da minuteria.

484. I lavori da minuteria, di cui si è parlato al capitolo XII della prima parte del presente volume sui *Lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica,* si valutano nella pratica e si pagano a metri quadrati, misurandoli dopo la loro posatura in opera giusta l'effettiva loro estensione, e secondo la specie, l'essenza e la grossezza del legname impiegato, ritenendo nei telai per invetriate e nelle persiane il vuoto per pieno.

Nel costo unitario dei lavori da minuteria sarà compreso il collocamento in opera dei ferramenti, ma non la loro provvista, non i suggellamenti da farsi dai muratori onde porre in opera dei rivestimenti in legno, delle porte, dei telai per invetriate, degli scuretti e delle persiane, non le coloriture e le inverniciature, le quali cose, non potendo essere eseguite dal falegname, vengono generalmente pagate in disparte.

485. Analisi del prezzo delle porte. — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta di tavole chiodate su traverse.*

Metri quadrati 1,40 di tavole a F. .... l'uno	F. .....
Chilogrammi 0,30 di chiodi a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,03 di colla a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Le giornate di falegname si possono assumere siccome espresse da 0,80 per le porte in legno dolce e da 1,00 per quelle in legno forte.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta di tavole di legno dolce chiodate su traverse di legno forte.*

Metri quadrati 1,20 di tavole di legno dolce a F. .... l'uno	F. .....
Da riportare	F. .....

Riporto F. .....

Metri quadrati 0,20 di tavole di legno forte a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,30 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,03 di colla a F. .... l'uno » .....
Giornate 0,85 di falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta di tavole chiodate su telaio.*

Metri quadrati 1,70 di tavole a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi 0,44 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,03 di colla a F. .... l'uno » .....
Giornate .... di falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Il numero 1,00 può rappresentare le giornate di falegname per le porte di legname dolce, ed il numero 1,40 quelle per le porte di legname forte.

IV. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta di tavole di legno dolce chiodate su telaio di legno forte.*

Metri quadrati 1,20 di tavole di legno dolce a F. .... l'uno F. .....
Metri quadrati 0,50 di tavole di legno forte a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,44 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,03 di colla a F. .... l'uno » .....
Giornate 1,15 di falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

V. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta doppia.*

Metri quadrati 2,40 d'assi a F. .... l'uno F. .....
Chilogrammi 1,80 di chiodi a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,06 di colla a F. .... l'uno » .....
Giornate .... di falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Le giornate di falegname possono essere assunte di 1,35 per le porte doppie in legno dolce e di 1,90 per quelle in legno forte.

VI. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta di legno forte doppiata con asserelli.*

Metri quadrati 1,20 di tavole a F. .... l'uno	F. .....
Metri quadrati 1,20 di asserelli a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 1,45 di chiodi a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,06 di colla a F. .... l'uno	» .....
Giornate 1,80 di falegname a F. ..... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

VII. *Prezzo di 1 metro quadrato di porta a specchiature.*

Metri quadrati 0,90 di tavole per l'intelaiatura a F. .... l'uno	F. .....
Metri quadrati 0,40 di tavole per le specchiature a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,04 di chiodi a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,05 di colla a F. .... l'uno	» .....
Giornate .... di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Le giornate di falegname variano coll'essenza del legname e col grado di lavoratura con cui la porta deve essere ultimata, e si possono ritenere siccome variabili fra 1,30 e 2,70

Convien notare che le riferite analisi dei prezzi delle porte convengono solamente per le porte di struttura comune e di dimensioni ordinarie, e che non si possono applicare per grandi porte da eseguirsi con tavoloni e con scompartimenti diversi da quelli ordinariamente adottati.

In Torino i prezzi delle porte, compreso il loro posamento in opera, sono presso a poco quelli della seguente tavola:

1° Porta di pioppo o di abete a pannelli grossi metri 0,03, senza modanature e rasati da una parte, con intelaiatura dello spessore di metri 0,04 . . . . F.	6,80
2° Porta come la precedente, ma di larice rosso o di castagno . . . . »	7,80
3° Porta come quella del numero 1°, ma di noce o di quercia . . . . »	10,00

4° Porta di pioppo o di abete a pannelli ed intelaiatura della grossezza di metri 0,04, e rasata da ambedue le parti . . . . F. 8,00
5° Porta come la precedente, ma di larice rosso o di castagno . . . . » 9,00
6° Porta come quella del numero 4°, ma di noce o di quercia . . . . » 12,00
7° Porta di pioppo o di abete, con pannelli della grossezza di metri 0,03 e con intelaiatura dello spessore di metri 0,04 sagomata all'ingiro e da ambe le parti . . . . » 9,00
8° Porta come la precedente, ma di larice rosso o di castagno . . . . » 10,50
9° Porta come quella del numero 7°, ma di noce o di quercia . . . . » 14,00

Qualora l'intelaiatura debba avere spessore maggiore o minore di metri 0,04, con relativo aumento o diminuzione nella grossezza dei pannelli, per ogni centimetro di differenza, si aumentano o si diminuiscono i prezzi sopra riferiti:

Per le porte di pioppo o di abete di . . . . F. 0,60
Per le porte di larice rosso o di castagno di . . » 1,40
Per le porte di noce o di quercia di. . . . . » 2,00

486. **Prezzi dei rivestimenti in tavole.** — I costi di queste opere sono variabilissimi coi luoghi, col sistema di loro costruzione, colle loro dimensioni e colla maggior o minor eleganza che essi devono presentare. Nelle ordinarie circostanze in cui si fanno ad intelaiatura con specchiature senza ornamenti, salvo alcune semplici sagome, un metro quadrato di rivestimento in tavole vien a costare poco meno di un metro quadrato di porta di egual struttura.

487. **Analisi del prezzo dei telai per invetriate.** — *Prezzo di 1 metro quadrato di telaio in legname forte per invetriate comuni con grossezza di metri 0,04 nel senso perpendicolare al piano dell'invetriata.*

Metri cubi 0,015 di legname forte segato a F. .... l'uno F. .....
Metri quadrati 0,50 di tavole di legname forte a F. .... l'uno » .....
Chilogrammi 0,03 di colla a F. .... l'uno » .....
Giornate 1,80 di falegname a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

I telai per invetriate si costruiscono generalmente con legnami di larice rosso, di quercia o di noce, ed i loro costi medii, compresa la doppia coloritura con biacca stemprata in olio cotto di noce e con quel colore che si crederà opportuno, non che il collocamento in opera dei ferramenti ed il posamento a sito delle invetriate stesse, sono in Torino e per ogni metro quadrato:

Per invetriate di finestre o di balcone della grossezza di metri 0,04 in uno o più battitoi chiudentisi a semplice battuta, con montanti e ritti larghi da metri 0,07 a 0,03, con spigoli quadri o smussati, con incastro pei vetri, con gocciolatoio e con linguetta nei montanti laterali, compreso il telarone dello spessore di metri 0,05 a 0,10 . . . F.	9,50
Per invetriata come la precedente, ma fissa . . »	8,50
Per invetriata come la prima, ma chiudentesi a gola di lupo con pilastrino ricavato nello spessore dei montanti, con spigoli sagomati a gola e con ricoprimento sul telarone . . . . »	12,00

Per ogni metro 0,01 di aumento o di diminuzione nella grossezza dei telai suddetti si aumenta o si diminuisce il prezzo di franchi 1.

488. **Prezzo degli scuretti**. — Gli scuretti vanno considerati come battitoi di porte, e quindi i loro prezzi per metro quadrato sono facili a dedursi con procedimenti analoghi a quelli che vennero indicati al numero 485 parlando delle analisi dei prezzi delle porte.

489. **Analisi del prezzo delle persiane.** — *Prezzo di 1 metro quadrato di persiana a lame fisse, in legname di essenza forte e con intelaiatura della grossezza di metri* 0,04.

Metri quadrati 0,50 di tavole di legno forte a F. .... l'uno	F. .....
Metri quadrati 0,75 di asserelli di legno forte a F. .... l'uno	» .....
Chilogrammi 0,20 di colla a F. .... l'uno	» .....
Giornate 3,60 di falegname a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

I prezzi delle persiane sono in Torino, per ogni metro quadrato, quelli che immediatamente si riferiscono:

Persiane a lame fisse in larice rosso, chiudentisi a semplice battuta, con o senza telarone, con intelaiatura grossa metri 0,04, con lame dello spessore di metri 0,01, compresa la doppia coloritura con biacca stemprata ad olio cotto di noce con quel colore che si crederà conveniente, compreso anche il collocamento dei ferramenti ed il posamento a sito delle persiane . . . . F. 14,00

Persiane come le precedenti, ma con telaro a gola di lupo e pilastrino ricavato nello spessore dei montanti . . . . » 15,00

Persiane con lame e sportelli mobili, comprese le occorrenti spranghette in ferro, e nel resto come le prime . . . . » 16,00

Per ogni metri 0,01 d'aumento o di diminuzione nello spessore dell'intelaiatura delle indicate persiane, il prezzo si aumenta o si diminuisce di franchi 0,50.

CAPITOLO XIII.

Analisi dei prezzi dei rinzaffi, delle arricciature, degli intonachi e delle stuccature.

490. I rinzaffi, le arricciature e gli intonachi si valutano e si pagano a metri quadrati giusta la qualità delle materie impiegate e l'effettiva estensione della superficie rinzaffatta, arricciata ed intonacata.

In quanto alle stuccature, si usa generalmente di valutare e di pagare, a metri quadrati di superficie sulla quale vennero praticate quelle eseguite su muri leterizi e su muri di pietrame comune e di pietrame digrossato, a metri lineari quello eseguite per otturare le commessure dei muri in pietra da taglio e dei lastrici.

491. **Analisi del prezzo dei rinzaffi.** — *Prezzo di 1 metro quadrato di rinzaffo.*

Metri cubi 0,001 di malta a F. .... l'uno	F. .....
Giornate 0,025 di muratore a F. .... l'una	» .....
Da riportare	F. .....

	Riporto F. .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Nelle circostanze in cui il manovale ed il bardotto, per trasportare i materiali al sito dell'impiego, devono percorrere un cammino orizzontale medio di 60 metri e salire un'altezza media di 10 metri, si possono assumere siccome rappresentate dal numero 0,005 le giornate di manovale e dal numero 0,02 quelle di bardotto.

In Torino, i prezzi dei rinzaffi, e per ogni metro quadrato, sono mediamente quelli registrati nella seguente tavola:

Rinzaffo con malta ordinaria sopra muri vecchi o nuovi, con scagliamento ed otturamento dei buchi e delle fessure . . . . F.	0,35
Rinzaffo come il precedente, ma con malta di calce idraulica . . . . »	0,40
Rinzaffo con malta ordinaria sopra muri a secco, con ischeggiatura delle facce apparenti . . . . . . »	0,60
Rinzaffo come il precedente, ma con malta di calce idraulica . . . . »	0,70

492. **Analisi del prezzo delle arricciature.** — *Prezzo di 1 metro quadrato di arricciatura.*

Metri cubi .... di malta a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di manovale a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

I dati pratici da porsi in quest'analisi variano secondo che l'arricciatura va fatta su muri secchi o su muri soggetti all'umidità, e secondo che l'arricciatura deve essere comune o centinata. Di più le giornate di manovale e di bardotto dipendono per la massima parte dal cammino che questi lavoranti devono percorrere per portare al muratore i materiali da impiegarsi nell'arricciatura, ed i dati relativi a queste giornate, che qui sotto si riportano, convengono per il caso di una distanza orizzontale media di circa 60 metri e di un'altezza di 10 metri.

	Metri cubi di malta	Giornate di muratore	Giornate di manovale	Giornate di bardotto
Arricciatura comune su muri secchi . . .	0,008	0,020	0,005	0,015
Arricciatura su muri soggetti ad umidità. . .	0,015	0,030	0,009	0,021
Arricciatura centinata. .	0,014	0,050	0,009	0,021

Le arricciature si pagano mediamente in Torino per ogni metro quadrato:

L'arricciatura ordinaria piana, comprese le fasce lisce, i zoccoli, le specchiature lisce o con una sola membratura e tutte le cornici al disotto di metri 0,10 di altezza . . . . F.	0,55
L'arricciatura rigata a bugne sino a metri 0,02 di profondità . . . . »	0,70
L'arricciatura di costruzione bugnata . . . . . . »	0,80
L'arricciatura interna su muri, tramezzi e vôlti . . »	0,50

493. **Analisi del prezzo degli intonachi.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato d'intonaco di cemento.*

Metri cubi 0,002 di cemento a F. .... l'uno	F. .....
Giornate 0,050 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,025 di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di intonaco con mastice bituminoso.*

Metri cubi 0,006 di mastice bituminoso a F. .... l'uno	F. .....
Giornate 0,186 di fontaniere a F. .... l'una	» .....
Giornate 0,093 di garzone a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

In Torino, l'intonaco di cemento romano impastato a piccola quantità sul sito dell'impiego con un proporzionato volume di sabbia della Stura ben lavata, e disposto in uno strato grosso metri 0,005, costa, per ogni metro quadrato, F. 1,40.

494. **Analisi del prezzo delle stuccature.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di stuccatura su paramenti di pietrame comune, di pietrame digrossato e di laterizi.*

Metri cubi .... di malta cementizia a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

I metri cubi di malta cementizia e le giornate di muratore si possono assumere, per le diverse stuccature, quali risultano dalla seguente tavola:

	Metri cubi di malta	Giornate di muratore
Stuccatura su paramento di pietrame comune	0,018	0,075
Stuccatura su paramento di pietrame digrossato.	0,014	0,100
Stuccatura su paramento laterizio . .	0,003	0,170

In quanto alle giornate di bardotto, nel caso in cui le malte si devono trasportare per una distanza orizzontale media di circa 60 metri e contemporaneamente elevare di circa 10 metri, si possono esse assumere di 0,04 per le stuccature su paramento di pietrame comune e di 0,03 per le altre due stuccature.

II. *Prezzo di 1 metro lineare di stuccatura su paramenti di pietrame scarpellato o di pietra da taglio e su lastrici.*

Metri cubi 0,001 di malta cementizia a F. .... l'uno	F. .....
Giornate 0,06 di muratore a F. .... l'una	» .....
Giornate .... di bardotto a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro lineare	F. .....

Le giornate di bardotto, stando le ipotesi dell'analisi precedente, si possono assumere come rappresentate dal numero 0,02.

Ecco quali sono in Torino i prezzi per ogni metro quadrato di alcune stuccature su pietrame e su mattoni:

Stuccatura di vecchio muro in copertina con malta idraulica ben calcata e lisciata, previa raschiatura e politura delle commessure fino alla profondità di metri 0,03 . . . . F.	0,60
Stuccatura come la precedente su muro nuovo . . »	0,40
Stuccatura su muro di mattoni con malta di cemento romano e sabbia della Stura . . . . »	0,60

CAPITOLO XIV.

Analisi dei prezzi delle coloriture e delle inverniciature.

495. Le coloriture si valutano e si pagano a metri quadrati con prezzi diversi, secondo la specie delle tinte e la natura degli strati di fondo e comuni; e lo stesso si fa nella valutazione delle inverniciature, distinguendole giusta la specie di vernice adoperata.

Nello stabilire le analisi dei prezzi delle coloriture e delle inverniciature si suppone che le tinte e le vernici siano già preparate per l'immediata loro applicazione, e si tien conto del loro costo quando siano così apparecchiate e della mano d'opera per applicarle.

496. **Analisi del prezzo delle coloriture.** — I. *Prezzo di 1 metro quadrato di uno strato di coloritura a colla.*

Chilogrammi .... di tinta stemperata a colla a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di coloritore a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Per gli strati di fondo occorrono chilogrammi 0,25 di tinta e giornate 0,043 di coloritore, e per gli strati comuni bastano chilogrammi 0,19 di tinta e giornate 0,019 di coloritore.

II. *Prezzo di 1 metro quadrato di uno strato di coloritura ad olio.*

Chilogrammi .... di tinta stemperata ad olio a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di coloritore a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Il quantitativo di tinta stemperata ad olio ed il tempo del coloritore si possono assumere rispettivamente: di chilogrammi 0,162 e di giornate 0,046 per gli strati di fondo; di chilogrammi 0,125 e di giornate 0,021 per gli strati comuni.

III. *Prezzo di 1 metro quadrato di imbiancamento con latte di calce.*

Litri .... di latte di calce a F. .... l'uno F. .....
Giornate .... di imbiancatore a F. .... l'una » .....
Giornate 0,0015 di manovale a F. .... l'una » .....

Prezzo di 1 metro quadrato F. .....

Per ogni metro quadrato di strato di fondo occorrono circa litri 0,50 di latte di calce e giornate 0,005 di imbiancatore, e per ogni metro quadrato di strato comune sono presso a poco necessari litri 0,45 di latte di calce e giornate 0,0045 di imbiancatore.

Ecco i costi per ogni metro quadrato di parecchie coloriture, giusta il già più volte citato elenco dei prezzi stato pubblicato dall'uffizio d'arte della città di Torino:

Coloritura di muri di facciata con tinte preparate mediante terre gialle, rosso inglese o nero di Roma, a due riprese, la seconda con acqua di latte nella proporzione di 1/20 di latte, compreso il raschiamento delle pareti e le scale occorrenti, ma non i ponti di servizio . . . . F. 0,10

Coloritura come la precedente, ma con oltremare, o con verde minerale, o con giallo cromo . . . . » 0,15

Coloritura a tinte come quelle della prima, con sapone sciolto, e spruzzata a somiglianza di pietra . . » 0,17

Coloritura a tinte come quelle della seconda, preparata ed applicata come la precedente . . . . » 0,20

Coloritura interna a due tinte qualunque, a calce ed a due riprese adoperandosi colla nella seconda fino a 2 metri d'altezza, compresa la formazione di zoccoli e fasce ad un sol colore . . . . » 0,08

Coloritura con riquadrature semplici, cornici, fasce, zoccoli marmoreggiati, bugnati e marmoreggiature all'acqua di colla e gesso . . . . » 0,40

Coloritura di oltremare o verde minerale puro, ben macinato e sciolto con acqua a colla dato su muri in due riprese . . . . » 0,45

Spruzzatura a due o tre tinte sopra tinta di fondo » 0,10

Coloritura a colla ad una sol tinta sopra legnami, previa raschiatura . . . . » 0,25

Coloritura a colla a due o tre tinte variate e graduate ed a due riprese sopra lavori in legno . . . . » 0,45

Macchiatura a colla a finto legno, compreso lo strato di fondo . . . . » 0,50

Coloritura ad olio cotto di noce puro o con colori per strato di fondo su legnami vecchi e nuovi . . F.	0,50
Coloritura come la precedente per strato comune . »	0,40
Coloritura ad olio cotto e biacca senza o con colori per strato di fondo su lavori in legno, previa la raschiatura o la lavatura, ove occorra . . . . »	0,60
Coloritura come la precedente per strato comune . »	0,40
Coloritura ad olio cotto e biacca data in un solo strato su coperture di latta, o di ferro, su invetriate, ringhiere e graticelle . . . . »	0,50
Coloritura come la precedente e per ogni strato dopo il primo . . . . »	0,30
Coloritura a colla ed a diverse tinte con riquadratura a disegni tanto retti che curvilinei sopra pareti tanto a chiaroscuri che a colori . . . . »	0,75
Coloritura come la precedente con alcuni ornati nei riquadri e nelle fasce . . . . »	1,50
Coloritura a colla ed a diverse tinte con riquadrature a disegni tanto retti che curvilinei sopra vôlte e soffitti . . . . »	1,00
Coloritura come la precedente con alcuni ornati nei riquadri e nelle fasce . . . . »	2,00

I prezzi riportati vanno aumentati di 1/4 quando nella formazione delle tinte si adopera oltremare, verde minerale o giallo cromo, e di 1/5 quando si impiega azzurro di Parigi, verderame o minio.

497. **Analisi del prezzo delle inverniciature**. — *Prezzo di 1 metro quadrato d'inverniciatura.*

Litri 0,063 di vernice a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... d'inverniciatore a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

Le giornate d'inverniciatore si possono assumere di 0,0125 pel primo strato d'inverniciatura, e di 0,0083 per gli strati successivi.

Ecco quali sono mediamente in Torino i prezzi di 1 metro quadrato delle principali inverniciature:

Inverniciatura ad una sola ripresa di semplice vernice copale su superficie tinteggiate . . . . F.	0,50
Inverniciatura a tre riprese con biacca e vernice lucida,	

detta alla francese, perfettamente unita e liscia, con varie tinte, previa la preparazione con pomiciatura F. 1,50
Inverniciatura come la precedente, ma con vernice copale . . . . » 1,70
Inverniciatura come la seconda in una sola ripresa » 0,60
Inverniciatura come la terza in una sola ripresa . » 0,70
Per ogni ripresa d'inverniciatura in più della prima » 0,40

Quando nelle inverniciature con colori si fa uso d'azzurro di Parigi, di verderame e di minio, i prezzi stabiliti si aumentano generalmente di 1/3.

498. **Analisi dei prezzi dei lavacri di tinte e vernici.** — *Prezzo di 1 metro quadrato di lavacro di tinta e di vernice.*

Litri .... d'acqua alcalina a F. .... l'uno	F. .....
Giornate .... di coloritore a F. .... l'una	» .....
Prezzo di 1 metro quadrato	F. .....

I dati da porsi in quest'analisi sono i seguenti:

	Litri d'acqua alcalina	Giornate di coloritore
Lavacro di vecchie vernici per ravvivare i colori	0,025	0,012
Lavacro per digrassare le coloriture ad olio	0,035	0,018
Lavacro per cancellare le coloriture ad olio	0,125	0,024
Lavacro per cancellare le vernici	0,085	0,019

INDICE ANALITICO

PARTE PRIMA

Lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica.

CAPITOLO I.

Opere di sterro.

ARTICOLO I. — **Nozioni generali.**

ARTICOLO II. — **Sterri a cielo scoperto.**

ARTICOLO III. — **Sterri per pozzi.**

ARTICOLO IV. — **Sterri per gallerie.**

ARTICOLO V. — **Sterri subacquei e sterri in terreni o rammolliti o attraversati dalle acque.**

CAPITOLO II.

Opere di consolidamento degli scavi e dei rilevati.

ARTICOLO I. — **Opere ordinarie per il consolidamento di scavi, per la formazione e per il consolidamento di rilevati.**

ARTICOLO II. — **Opere di consolidamento per grandi trincee.**

ARTICOLO III. — **Costruzione e consolidamento dei grandi rilevati.**

CAPITOLO III.

Inghiaiate, selciate, lastricati e ballast.

ARTICOLO I. — Inghiaiate e massicciate.

ARTICOLO II. — Selciate e lastricati.

ARTICOLO III. — Ballast.

CAPITOLO IV.

Muri.

ARTICOLO I. — Nozioni generali.

ARTICOLO II. — Muri in pietra.

ARTICOLO III. — Muri laterizi.

ARTICOLO IV. — Muri alla rinfusa e muri formacei.

ARTICOLO V. — **Muri di struttura mista.**

ARTICOLO VI. — **Apparecchi di uso più frequente nell'esecuzione di opere murali.**

CAPITOLO V.

Fondazioni.

ARTICOLO I. — **Nozioni generali.**

ARTICOLO II. — **Fondazioni comuni.**

ARTICOLO III. — Fondazioni idrauliche.

CAPITOLO VI.

Lavori per la conservazione del letto e delle sponde dei corsi d'acqua.

CAPITOLO VII.

Vôlte.

ARTICOLO I. — Nozioni generali.

ARTICOLO II. — Genesi delle vôlte.

ARTICOLO III. - **Armature delle vôlte.**

CAPITOLO VIII.

Travate, incavallature e centine.

ARTICOLO I. — **Travate.**

ARTICOLO II. — **Incavallature.**

ARTICOLO III. — Centine.

CAPITOLO IX.

Tavolati, solai e soffitti.

ARTICOLO I. — Tavolati.

ARTICOLO II. — Solai.

ARTICOLO III. — Soffitti.

CAPITOLO X.

Coperture.

ARTICOLO I. — Coperture per tetti.

ARTICOLO II. — **Coperture di muri e di vôlte.**

CAPITOLO XI.

Opere per pavimenti.

CAPITOLO XII.

Lavori da minuteria.

CAPITOLO XIII.

Rinzaffi, arricciature, intonachi e stuccature.

ARTICOLO I. — **Rinzaffi ed arricciature.**

ARTICOLO II. — **Intonachi e stuccature.**

CAPITOLO XIV.

Coloriture ed inverniciature.

PARTE SECONDA

Analisi dei prezzi dei lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica.

Nozioni generali.

CAPITOLO I.

Analisi dei prezzi delle opere di sterro.

CAPITOLO II.

Analisi dei prezzi delle opere di consolidamento, degli scavi e dei rilevati.

CAPITOLO III.

Analisi dei prezzi delle inghiaiate, delle selciate, dei lastricati e dei ballast.

CAPITOLO IV.

Analisi dei prezzi delle murature.

CAPITOLO V.

Analisi dei prezzi delle opere per fondazioni.

CAPITOLO VI.

Analisi dei prezzi dei lavori per la conservazione del letto e delle sponde dei corsi d'acqua.

CAPITOLO VII.

Analisi dei prezzi delle vôlte.

CAPITOLO VIII.

Analisi dei prezzi delle travate, delle incavallature e delle centine.

CAPITOLO IX.

Analisi dei prezzi dei tavolati, dei solai e dei soffitti.

CAPITOLO X.

Analisi dei prezzi delle coperture.

CAPITOLO XI.

Analisi dei prezzi delle opere per pavimenti.

CAPITOLO XII.

Analisi dei prezzi dei lavori da minuteria.

CAPITOLO XIII.

Analisi dei prezzi dei rinzaffi, delle arricciature, degli intonachi e delle stuccature.

CAPITOLO XIV.

Analisi dei prezzi delle coloriture e delle inverniciature.

INDICE ALFABETICO

Lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica.

A

B

C

T

V

Analisi dei prezzi dei lavori generali di architettura civile, stradale ed idraulica.

A

B

C

D

F

G

I

L

ERRATA-CORRIGE

Pagina		linea		invece di		leggasi
Pagina 28	linea	15	invece di	D	leggasi	ô
»	54	» 22	»	corrispondendi	»	corrispondenti
»	43	» 2	»	a	»	ai
»	56	» 26	»	differenti	»	differenti,
»	69	» 28	»	nell'asse o su un lato della galleria medesima.	»	sull'asse o su un lato delle gallerie medesime.
»	73	» 41	»	Bardonnèche	»	Bardonnèche
»	85	» ivi	»	condotta	»	condotta
»	93	» 19	»	ed in col	»	ed in cui,
»	94	» 26	»	so	»	in
»	ivi	» 29	»	fermato	»	formato
»	101	» 15	»	cioè coll'erba al di sotto	»	cioè per filari orizzontali coll'erba al di sotto
»	ivi	» 20	»	o coll'erba al di sotto	»	o per filari orizzontali coll'erba al di sotto
»	135	» 21	»	nel senso XY	»	oel senso XY,
»	174	» 1	»	112,112	»	112,115
»	181	» 29	»	mola	»	molla
»	192	» 11	»	che e	»	e che
»	200	» 25	»	cedere	»	cadere
»	201	» 17	»	gli due	»	gli altri due
»	209	» ivi	»	P	»	p
»	221	» 30	»	savato	»	scavato
»	233	» 28	»	Sguazin	»	Sgaozin
»	237	» 37	»	forato	»	ferrato
»	279	» 22	»	somplicemente	»	semplicemente
»	295	» 32	»	Mezzanacorte	»	Mezzanacorti
»	320	» 28	»	impedisse	»	impedisce
»	328	» 31	»	e di	»	ed i
»	331	» 28	»	oirzzontalmente	»	orizzootalmente
»	338	» 22	»	cilindrica	»	cilindro
»	ivi	» 37	»	di uno	»	di cono
»	347	» 26	»	avrauon	»	avraono
»	349	» 1	»	col intrados	»	coll'intrados
»	353	» 26	»	A O'D	»	A O'D'
»	ivi	» 38	»	on raggio	»	con raggio
»	391	» 2	»	la biette	»	le biette
»	ivi	» 4	»	abbassa,	»	abbassa —
»	ivi	» 5	»	del pezzi *t* —	»	dei pezzi *t*,
»	433	» 27	»	inchiodati	»	indicati
»	434	» 37	»	seguino	»	seguino
»	436	» 30	»	i pancoocelli si	»	i listelli, faceoti ufficio di pan-concelli, si
»	440	» 10	»	della parte	»	dalla parte
»	442	» 25	»	conesvità	»	convessità
»	444	» 39	»	zinco	»	rame
»	453	» 13	»	so qoelli	»	per qoelli
»	454	» 20	»	atato	»	strato
»	462	» 6	»	261	»	361
»	472	» 29	»	centrazione	»	contrazione
»	477	» 21	»	ai telaroni varia da metri 0,027 a 0,55	»	agli seuretti varia da metri 0,027 a 0,035
»	488	» 14	»	di qoelli	»	di qoelle
»	499	» 9	»	La giornata	»	La mercede per la giornata
»	541	» 21	»	da cui	»	di coi
»	547	» 36	»	355569	»	355569,
»	553	» 34	»	ed il peso	»	od il peso